

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRICA



**“ANALISIS TEORICO DE ENERGIA DE FUSION, ALTERNATIVA
SUSTENTABLE PARA LA DEMANDA ELECTRICA 2018 A 2026 -
PERU”**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
ELECTRICISTA**

INTEGRANTES:

GONZALES VILCA, DENNIS JESUS

MONTOYA TANABE, ALONSO JESUS

ASESOR:

Dr. Ing. SANTOS MEJÍA, CÉSAR AUGUSTO

CALLAO, MAYO 2018

PERÚ

DEDICATORIA

A Dios, por iluminarme e indicarme el camino hoy y siempre para poder estudiar y desempeñarme en la carrera que más quiero y anhelo.

A mis padres, por ser mi base que me fortalece día a día con sus enseñanzas constantes de la vida y su apoyo incondicional.

A mi hermana, por ser mi guía espiritual siempre y que desde el cielo me acompaña en cada paso que doy.

A mi hermano, por ser mi apoyo emocional y por compartir experiencias grandes de la vida.

A mi hija, por ser mi motivo de lucha diaria y me da el impulso para ser alguien grande en la vida.

Dennis Jesús Gonzales Vilca

DEDICATORIA

A Dios, por todas las cosas que da y me ha dado cada día, por darme una gran familia y siempre guiarme por el camino correcto

A mis Madre, que gracias a ella aprendí lo que es la constancia y es gracias a ella que he logrado cada cosa es mi motivo a siempre superarme.

A mi Padre, por ser mi ángel que me cuida cada día que gracias a él aprendí que no hay imposibles.

A mi Hermano, por ser un segundo padre, siempre vas a ser mi ejemplo a seguir.

A María, por ser mi segunda madre, jamás voy a terminar de estar agradecido por todo lo que me has dado.

Alonso Jesús Montoya Tanabe

AGRADECIMIENTO

Nuestro más profundo agradecimiento al Dr. Cesar Santos Mejía, por su acertado asesoramiento para la realización de nuestra tesis de titulación.

A los profesores de la Universidad Nacional del Callao de la Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica, por sus enseñanzas y orientaciones, sobre todo por su espíritu de ayuda.

INDICE

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del Problema.....	17
1.2. Formulación de Problema	18
1.2.1. Problema Principal.....	18
1.2.2. Problemas Específicos	18
1.3. Objetivos de la Investigación.....	18
1.3.1. Objetivo Principal	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación.....	19

CAPITULO 2: MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio	22
2.1.1. Crecimiento de la demanda energética mundial	22
2.1.2. Recuento de la actualidad.....	25
2.2. Marco Conceptual.....	29
2.2.1. Análisis del sistema energético peruano	29
2.2.2. Índice de PBI Peruano	30
2.2.3. Producción eléctrica peruana	31
2.2.4. Impacto ambiental de la Centrales Eléctricas.....	46
2.2.5. Aspectos ambientales sobre fusión nuclear.....	48
2.2.6. Planteamiento energético peruano.....	49
2.3. Fusión nuclear controlada	51

2.3.1. Modos de confinamiento del plasma.....	53
2.3.2. Criterio de Lawson.....	57
2.3.3. Sistema toroidal	57
2.4. Definición de Términos Básicos	59

CAPITULO 3: VARIABLE E HIPOTESIS

3.1. Variables de la Investigación	61
3.1.1. Variables Dependientes.....	61
3.1.2. Variables Independientes	61
3.2. Operación de Variables	61
3.3. Formulación de la Hipótesis.....	62
3.3.1. Hipótesis general	62
3.3.2. Hipótesis Específicos	62

CAPITULO 4: METODOLOGIA

4.1. Tipo de Investigación	63
4.2. Diseño de la Investigación	63
4.3. Población y Muestra	63
4.3.1. Panorama de la energía nuclear como fuente de generación de energía eléctrica a nivel mundial	63
4.3.2. Histórico de la demanda eléctrica en el Perú según COES	64
4.3.3. Producción Termoeléctrica y Consumo de Combustible.....	67
4.3.4. Proyección de la demanda de hidrocarburos líquidos.....	68
4.3.5. Proyección de la demanda de Gas natural.....	73

4.4. Costos fijos y variable de una Central Termoeléctrica en el Perú	77
4.5 ... Costo de implementación de un Reactor de Fusión y principales materiales primarios	80
4.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	81
4.7. Procedimiento de recolección de datos	81
4.8. Procesamiento estadístico y análisis de datos	82
4.8.1. Proyección de la Potencia Instalada en el Perú	82

CAPITULO 5: RESULTADOS

5.1. Resultados de la producción de energía eléctrica proyectada	92
5.2. Resultados de la cantidad de masa de fusión	94
5.3. Resultados de la inversión de las centrales termoeléctricas en el periodo 2018 a 2026	96
5.4. Resultado de la inversión de Centrales de fusión nuclear	98

CAPITULO 6: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1. Contratación de hipótesis con los resultados	101
6.2. Contratación de los resultados con otros estudios similares	109

CAPITULO 7: CONCLUSIONES

CAPITULO 8: RECOMENDACIONES

CAPITULO 9: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

TEXTOS DE APOYO

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA 1: ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES 2014 -2026	26
TABLA 2: CENTRALES ELÉCTRICAS QUE ENTRARON EN OPERACIÓN EN EL AÑO 2017.....	36
TABLA 3: CENTRALES ELÉCTRICAS QUE ENTRARON EN OPERACIÓN EN EL AÑO 2018.....	37
TABLA 4: LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA CORRESPONDIENTE A NUEVOS PROYECTOS Y AMPLIACIONES....	45
TABLA 5: COSTOS DE CONTAMINACIÓN POR TECNOLOGÍA.....	48
TABLA 6: COSTO FIJO DE GENERACION ELECTRICAS	79
TABLA 7: COSTO VARIABLE UNITARIO DE GENERACION ELECTRICA POR TIPO DE CENTRAL.....	79
TABLA 8: PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS.....	81
TABLA 9: TABLA DEL COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE LIQUIDO, EN MILLONES DE DOLARES	96
TABLA 10: TABLA DEL COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE GAS NATURAL, EN MILLONES DE DOLARES	96
TABLA 11: TABLA DE COSTO TOTAL DE IMPACTO AMBIENTAL AL PRODUCIR ENERGIA, EN MILLONES DE DOLARES	97
TABLA 12: TABLA DE COSTO TOTAL DE CENTRALES TERMOELECTRICAS INSTALADAS, EN MILLONES DE DOLARES	97
TABLA 13: COSTO TOTAL DE INSTALACION DE CENTRALES TERMOELECTRICAS, EN MILLONES DE DOLARES	98
TABLA 14: COSTO VARIABLE DEL CONSUMO DE AGUA PESA, EN DOLARES	98
TABLA 15: COSTO VARIABLE DEL CONSUMO DE LITIO, EN DOLARES	99

TABLA 16: COSTO FIJO DE INSTALACION POR CENTRALES DE FUSION, EN MILLONES DE DOLARES	100
TABLA 17: COSTO TOTAL DE INSTALACION DE CENTRALES NUCLEARES DE FUSION, EN MILLONES DE DOLARES	100
TABLA 18: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PROYECCION 2018-2026 EN AMBOS ESCENARIOS	102
TABLA 19: PROYECCION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA PRODUCIDA POR CENTRALES TERMoeLECTRICAS EN AMBOS ESCENARIOS	103
TABLA 20: PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE ENERGIA DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS POR ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO CONSERVADOR	104
TABLA 21: PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE ENERGIA DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS POR ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO OPTIMISTA	104
TABLA 22: TABLA DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION PARA SATISFACER LA PRODUCCION DE ENERGIA EN EL PERU EN AMBOS ESCENARIOS DE NUESTRA PROYECCION	105
TABLA 23: PROYECCION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO Y GAS NATURAL PARA SATISFACER EL SISTEMA ELECTRICO PERUANO EN AMBOS ESCENARIOS	106
TABLA 24: CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS CON LOS RESULTADOS DE ESTUDIOS SIMILARES.....	109

TABLAS DE FIGURAS

FIGURA 1: MODELO DE CENTRAL NUCLEAR DE FUSION.....	16
FIGURA 2: MATRIZ ENERGÉTICA RESUMIDA POR FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA Y LA PARTICIPACIÓN POR FUENTES DE ENERGÍA Y POR SECTORES EN LA DEMANDA FINAL EN 2014.....	28
FIGURA 3: MATRIZ ENERGÉTICA RESUMIDA POR FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA Y LA PARTICIPACIÓN POR FUENTES DE ENERGÍA Y POR SECTORES EN LA DEMANDA FINAL EN 2026.....	28
FIGURA 4: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL POR TIPO DE TECNOLOGÍA AÑO 2017.....	37
FIGURA 5: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL AÑO 2018	38
FIGURA 6: PARTICIPACIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA POR TIPO DE TECNOLOGÍA.....	43
FIGURA 7: REACCIÓN NEUTRÓNICA CON EL LITIO (LI)	52
FIGURA 8: FORMULA FUERZA DE LORENTZ	56
FIGURA 9: ESTRUCTURA DEL CONFINAMIENTO MAGNÉTICO	56
FIGURA 10: REACTOR DE FUSIÓN TIPO “TOKAMAK”	58
FIGURA 11: COBERTURA DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA POR TIPO DE GENERACION Y TECNOLOGIA	65
FIGURA 12: COBERTURA DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA POR TIPO DE GENERACION.....	¡Error! Marcador no definido.
FIGURA 13: HISTÓRICO DE LA MÁXIMA DEMANDA 2000-2017 SEGÚN COES	¡Error! Marcador no definido.
FIGURA 14: PRODUCCION TERMOELECTRICA, CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y RENDIMIENTO MEDIO 2017.....	67
FIGURA 15: EL PLAN ENERGÉTICO 2014-2025 PROYECCIONES DE DEMANDA DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS FUENTE INFORME NUMES 2014.....	70

FIGURA 16: EVOLUCIÓN DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO ENTRE 2000-2025 Y LA DEMANDA INTERNA ENTRE 2000-2040	70
FIGURA 17: EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES EN EL SECTOR TRANSPORTE 1990-2014.....	71
FIGURA 18: PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS EQUIVALENTES 1994-2017	72
FIGURA 19: EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE PETRÓLEO EN PERÚ HASTA 2030. FUENTE PERUPETRO	72
FIGURA 20 EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA DEMANDA DE GAS NATURAL HASTA 2025	74
FIGURA 21: INDICES DE CONSUMO DE GAS NATURAL Y PETROLEO.	75
FIGURA 22 PRONOSTICO NACIONAL DE RESERVAS DE PETROLEO Y GAS PROYECCION 2016-2022	77
FIGURA 23: PROYECCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA EN EL PERÚ AÑO 2018-2026.....	83
FIGURA 24: PROYECCIÓN DE LA MÁXIMA DEMANDA.....	84
FIGURA 25: PROYECCION DE LA PRODUCCION DEL COMBUSTIBLE LÍQUIDO.....	85
FIGURA 26: PROYECCION DE LA PRODUCCION DEL GAS NATURAL	86
FIGURA 27: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA DE CENTRALES TERMOELECTRICAS	86
FIGURA 28: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS	87
FIGURA 29: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 4.5	88
FIGURA 30: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 6.5%.....	88
FIGURA 31: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 4.5%.....	89

FIGURA 32: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 6.5%.....	90
FIGURA 33: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE CENTRALES AL 4.5%.....	93
FIGURA 34 PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE CENTRALES AL 6.5%.....	93
FIGURA 35 PROYECCION DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION	94
FIGURA 36: CANTIDAD DE MASA EN EL PROCESO DE FUSION EN UNA PROYECCION AL 4.5%.....	95
FIGURA 37: CANTIDAD DE MASA EN EL PROCESO DE FUSION EN UNA PROYECCION AL 6.5%.....	95
FIGURA 38: COMPARATIVO DE COSTOS TOTAL DE INSTALACION POR TIPOS DE TECNOLOGIA DE CENTRALES EN UN ESCENARIO CONSERVADOR AL 4.5%	108
FIGURA 39: COMPARATIVO DE COSTOS TOTAL DE INSTALACION POR TIPOS DE TECNOLOGIA DE CENTRALES EN UN ESCENARIO OPTIMISTA AL 6.5%.....	108

RESUMEN

El propósito del siguiente trabajo de investigación está enfocado en la búsqueda de nuevas formas de energía limpia con la finalidad de satisfacer la demanda energética creciente en el Perú, evitando utilizar materiales orgánicos tales como los materiales radioactivos, carbono y combustibles fósiles líquidos, los cuales producen niveles de contaminación a distintas escalas perjudicando el medio ambiente y a las futuras poblaciones. Además, se considerara que estos materiales, tienen un tiempo o un ciclo de vida finito, es decir en algún momento se agotaran ya que son recursos no renovables.

Este estudio propone una nueva de tecnología como alternativa, una solución que cumple en su mayoría con los requisitos del concepto desarrollo sostenible y que necesita de vuestra atención para su desarrollo e implementación, debido que no se cuenta actualmente con el avance tecnológico necesario en el país para su desarrollo y su coste es demasiado elevado, aunque cualquier inversión que contribuya con salvaguardar el futuro cercano es razonable, hablamos de la Energía Nuclear por Fusión, la cual es la tecnología que se asemeja a tener la energía que nos proporciona el Sol; con el propósito de satisfacer la demanda energética mundial así como la de nuestro país. Este tipo de tecnología es renovable y limpia debido que al momento de producir energía no genera residuos peligrosos y sobre todo que el material para producir dicha energía es abundante en el planeta, por lo que se puede catalogar que el material necesario para producir energía es inagotable.

ABSTRACT

The purpose of the following research work is focused on the search of new forms of clean energy with the purpose of satisfying the growing energy demand in Peru, avoiding the use of organic materials such as radioactive materials, carbon and liquid fossil fuels, which produce pollution levels at different scales, harming the environment and future populations. In addition, it will be considered that these materials have a time or a life cycle that is to say at some point they will be exhausted since they are non-renewable resources.

This study proposes a new technology as an alternative, a solution that can meet all the requirements of the concept of sustainable development and that needs your attention for its development, because it does not currently have the necessary technological progress in the country for its development and its cost is too high, although any investment that contributes to safeguarding the near future is reasonable, we speak of Nuclear Energy by Fusion, which is the technology that resembles having the energy that the Sun provides us; with the purpose of satisfying the global energy demand as well as that of our country. This type of technology is renewable and clean because at the moment of producing energy it does not produce hazardous waste and above all that the material to produce this energy is abundant on the planet.

INTRODUCCIÓN

Para seguir la historia del desarrollo de la energía nucleoelectrica se puede echar una mirada retrospectiva a cuatro decenios de esfuerzos en un mundo caracterizado por el cambio. Se ha hecho y se ha logrado mucho, y se han sacado numerosas enseñanzas. En la actualidad hay más de 400 centrales nucleares en explotación en 29 países, las cuales atienden aproximadamente el 16% de la demanda mundial de electricidad, y se han acumulado unos 4500 años-reactor de experiencia [1]. En algunos países la energía nucleoelectrica ha pasado a ser la fuente de electricidad más importante. Pero el proceso de conversión de la idea de la energía nucleoelectrica en una realidad comercial no ha estado exento de dificultades; ha sido un proceso lleno de vicisitudes, con muchos éxitos y también algunos fracasos. Lamentablemente, estos últimos son los preferidos por los medios de información como noticia, y por lo tanto atraen la atención del público. Los éxitos apenas reciben publicidad.

Los años cincuenta presenciaron el comienzo de la penetración de la energía nucleoelectrica en el mercado de la electricidad. Fue un período de gran entusiasmo y de intensa investigación y desarrollo, que ofreció esperanzas de proporcionar al mundo una fuente sustitutiva de energía barata y prácticamente inagotable. El uso del átomo con fines pacíficos se convirtió en un símbolo de progreso y beneficio para la humanidad, y la cooperación entre las naciones se hizo realidad en una escala sin precedentes. La ciencia, sus adelantos y los científicos eran vistos con beneplácito por los medios de información y altamente apreciados por el público. En 1960 había 17 reactores de potencia en explotación, con una capacidad total de generación de electricidad de 1200 MW, en cuatro países: Francia, la URSS, el Reino Unido y los Estados Unidos. Se habían emprendido programas nucleoelectricos en otros seis países.

[1] El desarrollo de la energía nucleoelectrica:
Historia y porvenir. Autor N.L. Char y B.J. Csik. OIE BOLETIN.

Durante el decenio de 1960 la energía nucleoelectrica alcanzó la condición de fuente energética técnicamente comprobada y comercialmente viable. A mediados de ese decenio las compañías de electricidad hacían pedidos de centrales nucleares de forma sistemática, y hacia 1970 ya existían unas 90 centrales nucleares en explotación en 15 países con una capacidad total de 16 500 MW. La tendencia creciente del uso de la energía nucleoelectrica continuó durante los años setenta. Como promedio, todos los años se comenzaban a construir de 25 a 30 nuevas unidades nucleares. En 1980 estaban funcionando 253 centrales de este tipo en 22 países con una capacidad total de 135 000 MW. Además, por entonces estaban en construcción alrededor de 230 unidades con una capacidad de más de 200 000 MW.

El impacto de los precios del petróleo que se produjo en los años setenta vino a dar un impulso decisivo a la promoción y el desarrollo ulterior de la energía nucleoelectrica. Los responsables de la planificación de la energía comenzaron a asignar un papel mucho más importante a la energía nucleoelectrica en su búsqueda de sucedáneos adecuada del petróleo para garantizar un suministro mundial de energía más diversificado.

Definición de energía nuclear

La energía nuclear es la energía contenida en el núcleo de un átomo. Los átomos son las partículas más pequeñas en que se puede dividir un elemento químico manteniendo sus propiedades. En el núcleo de cada átomo hay dos tipos de partículas (neutrones y protones) que se mantienen unidas. La energía nuclear es la energía que mantiene unidos neutrones y protones.

Ésta energía se puede obtener de dos formas: fusión nuclear y fisión nuclear, en ambas reacciones los átomos experimentan una ligera pérdida de masa. Esta masa que se pierde se convierte en una gran cantidad de

energía calorífica y de radiación, como descubrió Albert Einstein con su famosa ecuación $E=mc^2$. La energía calorífica producida se utiliza para producir vapor y generar electricidad. Aunque la producción de energía eléctrica es la utilidad más habitual que se le da a la energía nuclear, también se puede aplicar en muchos otros sectores, como en aplicaciones médicas o medioambientales.

Las dos formas existentes con las que podemos generar energía nuclear son:

a. Fisión Nuclear

El proceso de Fisión Nuclear genera energía al separar los núcleos de los átomos de elementos muy pesados como son el Uranio 235 y el Plutonio 239, mediante la colisión de pequeñas partículas denominadas neutrones, formando dos nuevos núcleos de masa inferior a la del núcleo original, y produciendo la separación de dos o tres nuevos neutrones, que se aprovechan para fisiónar a otros núcleos, continuando así el proceso conocido como reacción en cadena generando una cantidad inmensa de energía liberada en forma de radiación o calor.

En estos dos casos la masa de los isótopos antes de la fisión, es mayor que la masa obtenida como resultado de la separación de sus núcleos, esta diferencia de masas es convertida directamente en energía calorífica. El calor obtenido es utilizado para calentar agua en el interior de enormes vasijas de acero conocidas como reactores, produciéndose así el vapor que es utilizado para hacer girar una turbina, este movimiento será transmitido al generador, el cual producirá la electricidad.

La fisión de 1kg de uranio 235, libera 18.7 millones de KWh en forma de calor.

b. Fusión Nuclear

Otro procedimiento para generar energía es la Fusión Nuclear que consiste en la unión de átomos muy ligeros (como el hidrogeno) a temperaturas extremadamente altas, formando átomos más grandes y estables, al momento de unirse estos átomos ligeros generan una energía potentísima liberada en forma de radiación o calor. La energía necesaria para lograr la unión de los núcleos se puede obtener utilizando energía térmica o bien utilizando aceleradores de partículas. Ambos métodos buscan que la velocidad de las partículas aumente para así vencer las fuerzas de repulsión electrostáticas generadas al momento de la colisión necesaria para la fusión, aunque ya se han fusionado átomos de hidrogeno, no es un proceso controlado.

La fusión incontrolada se da en la explosión de una bomba de hidrógeno. Es por esto que la fusión podría ser la responsable de la formación de los elementos químicos existentes.

Centrales térmicas nucleares

Una central térmica nuclear o planta nuclear es una instalación industrial empleada para la generación de energía eléctrica a partir de energía nuclear. Se caracteriza por el empleo de combustible nuclear fisionable o fusionable que mediante reacciones nucleares proporciona calor que a su vez es empleado, a través de un ciclo termodinámico convencional, para producir el movimiento de alternadores que transforman el trabajo mecánico en energía eléctrica. Estas centrales constan de uno o más reactores.

El núcleo de un reactor nuclear consta de un contenedor o vasija en cuyo interior se albergan bloques de un material aislante de la radiactividad, comúnmente se trata de grafito o de hormigón relleno de combustible

nuclear formado por material fisible (uranio-235 o plutonio-239). En el proceso se establece una reacción sostenida y moderada gracias al empleo de elementos auxiliares que absorben el exceso de neutrones liberados manteniendo bajo control la reacción en cadena del material radiactivo; a estos otros elementos se les denominan moderadores.

Rodeando al núcleo de un reactor nuclear está el reflector cuya función consiste en devolver al núcleo parte de los neutrones que se fugan de la reacción.

Las barras de control que se sumergen facultativamente en el reactor, sirven para moderar o acelerar el factor de multiplicación del proceso de reacción en cadena del circuito nuclear.

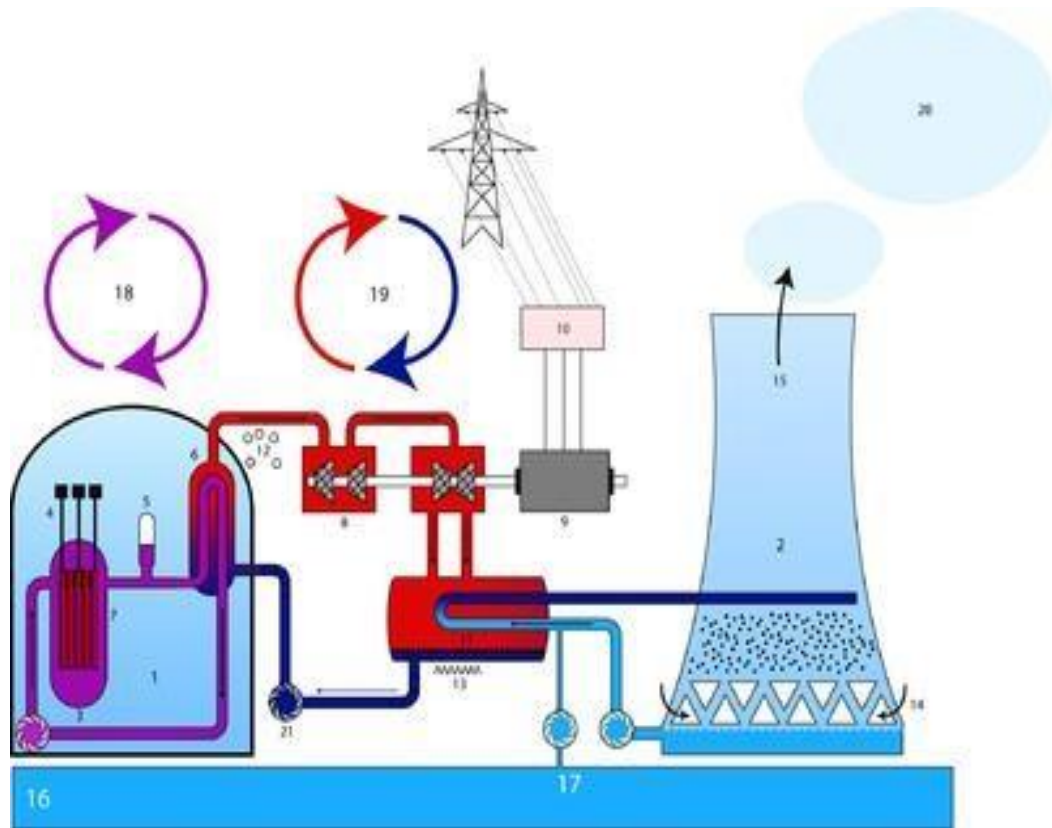
El blindaje especial que rodea al reactor, absorbe la radiactividad emitida en forma de neutrones, radiación gamma, partículas alfa y partículas beta.

Un circuito de refrigeración externo ayuda a extraer el exceso de calor generado.

Las instalaciones nucleares son construcciones complejas por la escasez de tecnologías industriales empleadas y por la elevada sabiduría con la que se les dota. Las características de la reacción nuclear hacen que pueda resultar peligrosa si se pierde su control.

La energía nuclear se caracteriza por producir, además de una gran cantidad de energía eléctrica, residuos nucleares que hay que albergar en depósitos especializados. Por otra parte no produce contaminación atmosférica de gases derivados de la combustión que producen el efecto invernadero, ya que no precisan el empleo de combustibles fósiles para su operación.

FIGURA 1: MODELO DE CENTRAL NUCLEAR DE FUSION



CAPITULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Determinación del Problema

En la actualidad el consumo energético de combustibles fósiles (carbón, gas natural, diésel y combustóleo, gasolina, etc.) es insostenible, la principal razón es debido a que los yacimientos de petróleo se están agotando y esto es a causa de que nos hemos vuelto dependientes de este tipos de combustibles para la producción de energía, aunque la única y principal razón de proponer un cambio total de esta matriz energética insostenible hacia los años futuros, son los graves cambios climáticos a nivel mundial, debido a las emisiones contaminantes que son causa de la combustión de hidrocarburos y ponen en riesgo a los ecosistemas y a la vida del planeta Tierra.

Todas las plantas de generación de energía eléctrica, aun las que utilizan recursos renovables como las hidroeléctricas, eólicas, solares, entre otras, producen un tipo de trastorno ambiental en el ecosistema donde son instaladas, debido al tipo de tecnología que utiliza cada una en su objetivo de producir energía. Además que todas presentan ventajas y desventajas con respecto a las demás.

El uso de plantas de energía de fusión podría reducir los impactos ambientales de la creciente demanda mundial de electricidad, a partir de que los vertidos de las centrales nucleares al exterior son mínimos. La mayor parte de ellos se expulsan en forma gaseosa de la chimenea de la central, generan aire con muy poca radiactividad, y en forma líquida a través del canal de descarga. Por su bajo poder contaminante, las centrales nucleares frenan la lluvia ácida y la acumulación de residuos tóxicos en el medio ambiente.

1.2. Formulación de Problema

1.2.1. Problema Principal

¿Es factible satisfacer la demanda de energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú mediante un análisis teórico empleando energía nuclear de fusión?

1.2.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿La energía del reactor por fusión a través de un análisis teórico podrá satisfacer la demanda energética proyectada 2018 a 2026 en el Perú?
- ✓ ¿Cuál es el impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión en el proceso de satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo Principal

Satisfacer la demanda de energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú mediante un análisis teórico empleando energía nuclear de fusión.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Realizar un análisis teórico de energía del reactor por fusión y establecer el nivel de satisfacción para la energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú.
- ✓ Verificar el impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión durante el proceso en el cual deba satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú.

1.4. Justificación

Llevamos esperando 60 años a que los físicos del plasma consigan algún avance en la fusión controlada y mantenida a lo largo del tiempo de los isótopos de hidrógeno, que pueda proporcionar energía de sobra y a muy bajo costo como la que nosotros recibimos del reactor natural de fusión que es el Sol todos los días del año a la superficie de la Tierra en forma totalmente gratuita. La fusión termonuclear pura podría ser una solución energética a largo plazo debido a que La energía nuclear es la fuente de energía que más horas funciona anualmente. Están disponibles las 24 horas y los 365 días al año, asegurando así el abastecimiento eléctrico de cualquier demanda. Otras fuentes energéticas como la eólica o la solar carecen de seguridad de suministro al estar expuestas a las condiciones meteorológicas al momento de generar energía eléctrica.

El problema es que este campo aún está en etapa de investigación; así que no se conoce con precisión el tiempo en el que los reactores de este tipo estarán en funcionamiento, debido a que la tecnología para desarrollar estos reactores aún se encuentra en desarrollo.

Todas las fuentes de generación de energía eléctrica son factibles si tomamos en cuenta que se tiene al alcance la suficiente tecnología para aprovechar la enorme cantidad de recursos que posee un país como el Perú, además se conoce, que los costos para implementar la tecnología con la capacidad de lograr el mayor aprovechamiento de los recursos naturales renovables en la actualidad es muy elevado, pero si se toma en cuenta los beneficios de generar energía limpia y constante, estaremos cada vez más cerca de comprender las bases del desarrollo sostenible.

A pesar de los elevados costos de inversión para plantas nucleares, el costo total de generación de energía eléctrica tenderá a igualarse entre las plantas de ciclo combinado y plantas nucleares, principalmente por el

aumento de los precios de los combustibles fósiles como el gas o el petróleo. Además, los crecientes problemas ambientales y daños a la salud, debido a los gases del efecto invernadero que producen las plantas termoeléctricas, han hecho que los organismos internacionales agreguen costos por estos conceptos, para que dentro de sus costos de generación consideren el tratamiento de estos gases y disminuya con ello los problemas que estos generan.

La energía nuclear no emite gases ni partículas contaminantes a la atmósfera, una ventaja clave para frenar el cambio climático. No utiliza combustibles fósiles, de modo que no emite dióxido de carbono (CO₂), principal gas causante del efecto invernadero.

Un tercio de la energía generada en Europa proviene de la energía atómica, lo que evita la emisión de 700 millones de toneladas de CO₂ lo misma cantidad que generan los tubos de escape de 200 millones de vehículos y otros contaminantes generados a partir de la quema de combustibles fósiles.

La energía nuclear de fusión podría satisfacer fácilmente las necesidades energéticas asociadas con el crecimiento económico continuo, dada la alta disponibilidad de los combustibles que utiliza en su proceso de operación.

La fusión nuclear usa como combustibles los isótopos llamados Deuterio y Tritio, los cuales son de fácil acceso debido que el Deuterio se encuentra en la naturaleza con una abundancia del 0,015 % átomos de hidrógeno (uno de cada 6500) y el Tritio es encontrado en la atmósfera en proporción de un átomo por cada 10¹⁷ de hidrógeno, y se forma continuamente en la atmósfera superior durante reacciones nucleares inducidas por rayos cósmicos. Se obtiene industrialmente por bombardeo de litio con neutrones de baja energía.

Por estas razones existen varios países en vía de desarrollo así como países catalogados como desarrollados que empiezan a considerar seriamente la utilización de energía nuclear.

Además, no habría peligro de una reacción de fusión fuera de control, ya que es intrínsecamente imposible, y cualquier falla podría dar lugar a un apagado rápido de la planta.

CAPITULO 2

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. Crecimiento de la demanda energética mundial

El crecimiento económico en las sociedades, se enfrenta a los límites físicos del planeta Tierra. El agotamiento de los recursos fósiles abundantes, baratos y de fácil acceso, así como el grave deterioro medioambiental a escala planetaria y su impredecible impacto en las actividades humanas condicionan las expectativas del crecimiento. Es sencillamente irreal y supersticioso pretender mantener el actual sistema económico de crecimiento exponencial indefinidamente en un entorno físico con límites perfectamente definibles. Lo cual se aplica a la realidad o cualquier nación de este planeta seríamos ciegos si pensamos que vivimos en una burbuja sin tomar esto con la seriedad debida.

El sistema capitalista global, único sistema socio-económico que han conocido las últimas generaciones salvo contadas excepciones y experimentos sociales basa su propuesta de crecimiento en la insaciable extracción de recursos naturales limitados para la creación de bienes y servicios. El impacto de la contaminación y residuos, generados en el proceso de producción de bienes y servicios, es deliberadamente no cuantificada ni contabilizada en los cálculos de coste-beneficio y, por lo tanto, se externaliza al entorno medioambiental. Las irreversibles agresiones medioambientales se convierten en un pasivo social que se deberá afrontar y resolver por las futuras generaciones, reduciendo su capacidad de resiliencia futura.

La formidable evolución tecnológica y social de las sociedades modernas desde la revolución industrial ha condicionado la aparición de una nueva época geológica en la historia de la humanidad: el Antropoceno, caracterizada por una inigualable capacidad de impacto geomorfológico y medioambiental de las sociedades humanas, sólo comparable con los grandes cataclismos, inundaciones y erupciones. La época del Antropoceno es la época de mayor consumo de recursos naturales, de las más graves e irreversibles agresiones medioambientales y del más absurdo despilfarro energético a escala planetaria, y plantea serios desafíos de supervivencia a la especie humana.

El proceso de globalización del capitalismo, particularmente en la segunda mitad del Siglo XX y en la primera década del Siglo XXI, ha acelerado y profundizado los perniciosos impactos sobre la atmósfera y el agotamiento de los recursos naturales del planeta, indispensables para la supervivencia de la especie humana, como la tierra cultivable, el agua potable, los bosques tropicales y boreales, los caladeros de pesca, la biodiversidad biológica animal y vegetal y las cuencas mineras.

Un signo inequívoco de la época del Antropoceno es la concentración de población humana en aglomeraciones urbanas superpobladas. El acelerado proceso de urbanización experimentado en los últimos siglos implica que en la actualidad más de 3 mil 300 millones de personas vivan en ciudades, el 47% de la población total. En el 2050, 2 de cada 3 personas vivirán en grandes ciudades, acentuando los ya acuciantes problemas de contaminación, gestión de residuos, transporte, salud e insalubridad.

Las modernas ciudades son grandes consumidoras de energía y recursos naturales y se diseñan en función del automóvil privado, creando una absurda dependencia del petróleo, una situación viable mientras haya disponibilidad de ese preciado recurso fósil. Para satisfacer las necesidades alimenticias de la humanidad se cultiva un territorio

equivalente a la superficie de Sudamérica y al de África para la crianza de ganado, además, el 90% de los caladeros están exhaustos y muchas especies terrestres y marinas en serio peligro de extinción.

Actualmente, existen más de 400 ciudades con más de un millón de habitantes mientras que a inicios del Siglo XX sólo diez ciudades superaban esa cifra. Las grandes ciudades ocupan una extensión equivalente al 2% del territorio mundial emergido y demandan un elevado consumo de energía y recursos naturales para su construcción, mantenimiento y funcionamiento (autopistas, carreteras, hospitales, sistemas de alcantarillado y distribución de energía, puertos, aeropuertos e infraestructuras para el suministro de servicios, alimentos y mercancías) **[2]**.

Ante un panorama extremadamente delicado de la evolución de las sociedades capitalistas, en un entorno medioambiental extremadamente degradado y con un suministro de recursos materiales amenazado, es necesario replantear el modelo de crecimiento económico.

Un modelo de crecimiento sostenible plantea un crecimiento cuantitativo en lugar de un crecimiento exponencial insostenible y requiere un debate que defina el nivel adecuado de bienestar social, así como las dimensiones y atributos de un modelo de crecimiento cualitativo, considerando las restricciones medioambientales del planeta y el agotamiento de los recursos materiales de más fácil extracción y mayor densidad energética. Sin lugar a dudas, es un debate que una innegable realidad ya ha impuesto en las agendas políticas y en las estrategias de crecimiento de los países más industrializados.

Asimismo, el aprovechamiento de recursos energéticos autóctonos, masiva integración de sistemas renovables de generación de electricidad y calor

[2] Estudio "Futuro de la Energía en Perú"
Autor: Dr. Alberto Rios Villacorta, Primera edición Junio 2016.

en los actuales sistemas energéticos y la implementación de planes de eficiencia y ahorro energético en los procesos de generación, transformación, distribución y consumo energético permitirán resolver los grandes problemas energéticos de la humanidad. Finalmente, la exigencia de un profundo cambio cultural en los patrones de consumo de las personas, que implica desarrollar e implementar acciones individuales de sobriedad y sencillez energética.

No debemos ser exentos que lo que buscamos es una innovación de la matriz energética para esto se debe priorizar la sustitución de los derivados del petróleo y otros recursos fósiles.

Se expondrá más adelante como es la participación de estos combustibles fósiles comparado con las energías llamadas renovables en la satisfacción de la demanda energética del país.

2.1.2. Recuento de la actualidad

En Perú, en el 2013, el consumo de energía final superó ligeramente los 700 peta julios, es importante indicar que, aunque el consumo de energía se presenta en peta julios (PJ), es más habitual el uso de Tera julios (TJ). Según las proyecciones del MINEM, en el 2026. El consumo de energía final para un escenario optimista de crecimiento económico podría alcanzar el valor de 1800 PJ. En un escenario conservador, con la integración de medidas de uso eficiente de la energía y gestión inteligente de la demanda, el consumo de energía final apenas superaría los 1300 PJ en el 2026, una reducción de 500 PJ. En la tabla 1, se presenta la estructura de consumo final de energía por fuentes de energía para escenarios de crecimiento económico evaluado. En los escenarios presentados, el crecimiento del gas natural alcanza el 35% del total del consumo final de energía. Se reafirma una apuesta por la masiva utilización del gas natural para satisfacer la demanda de energía en diferentes sectores de la economía peruana. En

cuanto a los derivados de petróleo, se prevé una significativa reducción en el porcentaje total del consumo final de energía entre 2014 y 2026. El consumo de derivados de petróleo se reducirá desde un 53% en 2014, a un 39% en 2026. Asimismo, se observa un ligero aumento del porcentaje de participación de la energía eléctrica en el total del consumo final de energía en 2026 [2]. En el escenario optimista de crecimiento, la participación de la energía eléctrica en el consumo final de energía podría alcanzar un 20% del total.

	2014	2026
Electricidad	19%	20%
Gas natural	13%	35%
Diésel	28%	18%
GLP	10%	12%
Gasolina/motor	8%	4%
Turbo	5%	4%
Petróleo industrial	2%	1%
Carbón mineral	3%	3%
Bosta & Yareta	1%	0%
Dendroenergía	11%	3%
Total	100%	100%

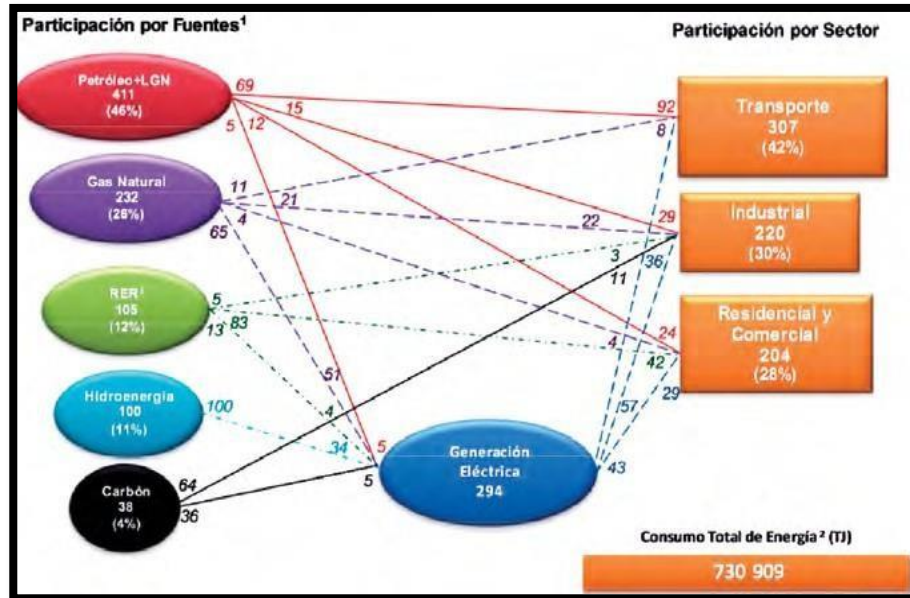
TABLA 1: ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGÍA POR FUENTES 2014 -2026

En las siguientes figuras (Figura 2 y Figura 3) presenta la matriz energética resumida por fuentes de energía secundaria y la participación por fuentes de energía y por sectores en la demanda final, en 2014 y 2026, respectivamente. Es importante indicar, que el consumo final de energía

[2] Estudio "Futuro de la Energía en Perú"
 Autor: Dr. Alberto Rios Villacorta, Primera edición Junio 2016.

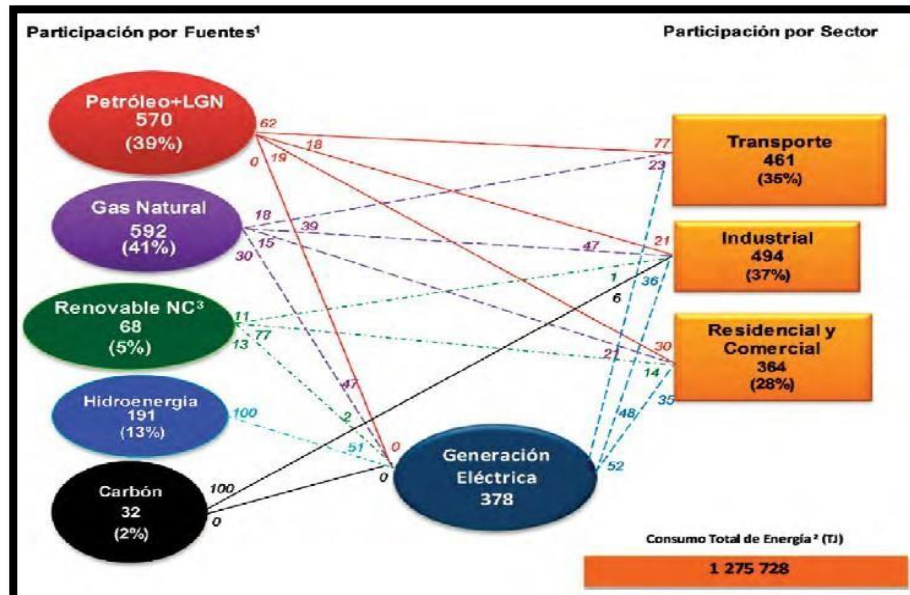
se presenta en PJ (valores parciales) y en TJ (valores totales). Así, en 2014, el consumo final de energía superó los 730 mil TJ, mientras que en 2026 se espera alcanzar un valor cercano a un millón 300 mil TJ. En 2026, a pesar de la reducción de la participación porcentual de los derivados de petróleo en la matriz de energía primaria, los hidrocarburos (Petróleo+ LNG y Gas Natural) conformarían el 80% de la mencionada matriz. Esto presenta una situación extremadamente compleja y potencialmente peligrosa para un país como Perú, con escasos recursos energéticos fósiles. Además, en un entorno geopolítico internacional muy complejo, aumenta el riesgo de imposibilidad de garantizar la continuidad de suministro energético basado en recursos fósiles. Asimismo, no se espera un crecimiento porcentual de las energías renovables. Así, al 2026, el porcentaje de energía primaria de origen renovable no convencional – eólica, solar, biomasa y geotérmica – no superará el 5% del total de la energía primaria. Por el contrario, en valores netos, entre 2014 y 2026, la energía primaria de origen renovable no convencional se reducirá de 105 PJ a 68 PJ. Las proyecciones del MINEM son muy opuestas a las tendencias internacionales existentes en diferentes países del mundo, que apuestan por un sistema energético renovable y por la implementación masiva de planes de ahorro y eficiencia energética.

FIGURA 2: MATRIZ ENERGÉTICA RESUMIDA POR FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA Y LA PARTICIPACIÓN POR FUENTES DE ENERGÍA Y POR SECTORES EN LA DEMANDA FINAL EN 2014



Fuente Informe Numes [2]

FIGURA 3: MATRIZ ENERGÉTICA RESUMIDA POR FUENTES DE ENERGÍA SECUNDARIA Y LA PARTICIPACIÓN POR FUENTES DE ENERGÍA Y POR SECTORES EN LA DEMANDA FINAL EN 2026



Fuente Informe Numes [2]

[2] Estudio "Futuro de la Energía en Perú"
 Autor: Dr. Alberto Rios Villacorta, Primera edición Junio 2016.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Análisis del sistema energético peruano

El propósito de construir un sistema energético sostenible en el Perú, mediante la elaboración de planes de largo plazo, basado en las energías renovables, que posibiliten la transformación de la actual matriz energética peruana dependiente en un 80% de energía primaria del petróleo, el gas natural y sus correspondientes derivados para satisfacer la demanda final de energía futura en forma segura, oportuna y en cantidad suficiente, es una tarea de notable importancia para el desarrollo económico y social del país, pero también de gran complejidad, por los escenarios cambiantes en el futuro.

Desde este punto analizaremos la situación del sector energía en una proyección 2018 al 2026 revisando estudios recientes de diseño de una matriz energética sostenible y de planificación energética a mediano plazo, señalando que tienen un sesgo hacia mantener prácticamente la actual estructura de la matriz energética hidrocarburífera con una participación creciente del gas que es un recurso que en dos décadas su extracción ya no será rentable, por el uso excesivo de este combustible que se tiene actualmente.

Finalmente, antes de comenzar con el análisis de cómo hemos llegado a la actual situación, así como la proyección al año 2026, debemos decir a priori que, para lograr transformar la actual matriz energética hacia la construcción de un sistema energético sostenible, se debe realizar la integración de la política económica, energética, medioambiental, industrial, de investigación y desarrollo e innovación propia del país, es la única vía para poder lograr el tan llamado desarrollo sostenible.

Es por eso que en base a esta última premisa nace la posibilidad de encontrar una solución viable la cual demanda un cambio total en la forma

de ver el futuro, además de poder realizar una revolución en la economía, lo cual nos colocaría en un escenario ideal en temas de impacto ambiental, al lograr desprendernos de la dependencia por los combustibles fósiles, es por este motivo que se exponen este conjunto de ideas con el propósito de presentar a la energía por fusión como una solución sustentable para el futuro próximo que se nos acerca [2].

2.2.2. Índice de PBI Peruano

El Producto Bruto Interno (PBI) se define como el valor total de los bienes y servicios producidos en un país durante un periodo determinado – mensual, trimestral, anual-. Para fines contables, no se calculan los bienes intermedios sino solo los finales para evitar la duplicación de valores. La producción puede medirse de tres formas distintas: sumando el valor agregado de todas las unidades de producción, sumando los gastos de los consumidores (menos importaciones) o sumando todos los ingresos recibidos por los agentes económicos. En teoría las tres metodologías deberían arrojar el mismo resultado.

Para calcular los volúmenes, el INEI usa diversas fuentes de información dependiendo del sector. Entre ellas, encuestas, muestras de productos, estados financieros, anuarios y memorias anuales. Para calcular el precio, el INEI puede usar los precios establecidos en el año base para calcular el "PBI real" o usar los precios actuales para calcular el "PBI nominal o corriente". Para comparar cifras de periodos diferentes es necesario usar el PBI real, pues, despeja el efecto de la inflación.

A pesar de su amplia aceptación a nivel mundial, sin embargo, el PBI presenta algunos inconvenientes. Por ejemplo, actividades que generan externalidades negativas, tales como actividades contaminantes o

[2] Estudio "Futuro de la Energía en Perú"
Autor: Dr. Alberto Rios Villacorta, Primera edición Junio 2016.

informales, suman para el PBI pero no reflejan su costo intrínseco.

En fin, el PBI es un indicador bastante útil que permite sintetizar una gama importante de conceptos económicos. No obstante, es crucial complementar este indicador con muchos otros para conocer la salud económica de una nación [6].

Para nuestros fines de cálculo o estimación usaremos un incremento del PBI en el periodo establecido del 2018 al 2026 en dos situaciones distintas, un escenario conservador (4.5%) y un escenario optimista (6.5%).

2.2.3. Producción eléctrica peruana

Para comenzar a hablar de un análisis energético en el Perú, debemos saber cuáles son los principales tipos de centrales y la participación de cada una de ellas.

- **Tecnologías de Generación de Energía Eléctrica en el Perú**

Centrales Hidroeléctricas

Es una instalación que permite aprovechar las masas de agua en movimiento que discurren por los ríos para transformarlas en energía eléctrica, utilizando turbinas-alternadores. Las ventajas de las centrales hidroeléctricas son:

- No necesitan combustibles y son limpias.
- Muchas veces los embalses de las centrales tienen otras utilidades importantes: regadío, como protección contra las inundaciones o para suministrar agua a las poblaciones próximas.
- Tienen costes de explotación y mantenimientos bajos.

[6] Redacción Gestión (22/04/2014), ¿Qué es y cómo se calcula el PBI?, Diario Gestión.

- Las turbinas hidráulicas son de fácil control y tienen unos costes de mantenimiento reducido.

Centrales Termoeléctricas

Es una instalación que genera energía eléctrica utilizando la energía liberada en forma de calor, normalmente mediante la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón. Este calor es empleado por un ciclo termodinámico convencional para hacer rotar un alternador y producir energía eléctrica.

➤ **Centrales termoeléctricas convencionales**

Producen electricidad a partir de la energía química almacenada en un combustible (petróleo, carbón, gas natural o combustibles nucleares). Se trata de energía primaria no renovable procedente de combustibles fósiles, es el sistema de generación de energía eléctrica más extendido en nuestra civilización. Por razones de economía de escala, las centrales termoeléctricas son de gran tamaño y se ubican próximas a los centros de consumo. Son consideradas las centrales más económicas y rentables, por lo que su utilización está muy extendida en el mundo, a pesar de las críticas debido a su elevado impacto medioambiental. El funcionamiento de las centrales termoeléctricas convencionales es el mismo, independientemente del combustible que se utilice. Sin embargo, hay diferencias en el tratamiento previo que se hace al combustible y en el diseño de los quemadores de las calderas de las centrales. Así se tienen: centrales de carbón, centrales diésel, centrales de gas natural, centrales mixtas.

➤ **Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado**

Es aquella donde se genera electricidad mediante la utilización conjunta de dos turbinas: un turbo grupo de gas y uno de vapor. Es decir, para la transformación de la energía del combustible en electricidad se superponen dos ciclos: el ciclo de Brayton (turbina de gas) y el ciclo de Rankine (turbina de vapor). Las características principales de las centrales térmicas de ciclo combinado son:

- Flexibilidad: puede operar a plena carga o con cargas parciales.
- Mayor Eficiencia.
- Sus emisiones son más bajas que en las centrales térmicas convencionales.
- Coste unitario de inversión más bajo (US\$/MW instalado).
- Períodos de construcción cortos.
- Menor superficie por MW instalado, en comparación con las C.T. Convencionales
- Bajo consumo de agua de refrigeración.
- Ahorro energético en forma de combustible

➤ **Centrales Termoeléctricas no Convencionales**

La energía primaria procede de fuentes renovables, tales como biomasa y biogás en diversas formas, o bien del sol en las centrales solares-termoeléctricas. Este tipo de centrales son, en general, de menor tamaño que las convencionales y, cuando no es posible el aprovechamiento de la energía térmica para usos industriales o de calefacción, tienen bajo rendimiento. Su ventaja principal es su no contribución a las

emisiones de CO₂ y su naturaleza como fuente de energía renovable

Centrales de Generación con Recursos Energéticos

Renovables

Central Solar Fotovoltaica La energía solar fotovoltaica se aprovecha transformándola directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. En la instalación fotovoltaica la obtención de energía eléctrica se produce a través de paneles fotovoltaicos que captan la energía luminosa del Sol para transformarla en energía eléctrica. Para conseguir la transformación se emplean células fotovoltaicas fabricadas con materiales semiconductores. Los paneles fotovoltaicos pueden ser del tipo fijo o móvil a través de seguidores solares.

➤ **Centrales de Generación Biomasa**

La energía de la biomasa proviene en última instancia del Sol. Los vegetales absorben y almacenan una parte de la energía solar que llega a la tierra y a los animales, en forma de alimento y energía. Cuando la materia orgánica almacena la energía solar, también crea subproductos que no sirven para los animales ni para fabricar alimentos, pero sí para hacer energía de ellos. Mediante métodos termoquímicos se transforma la energía biomasa utilizando el calor, estos pueden ser: combustión, pirolisis y gasificación. Una central de biomasa es una instalación industrial diseñada para generar energía eléctrica a partir de recursos biológicos (combustible metano de la descomposición orgánica). Así pues, las centrales de

biomasa utilizan fuentes renovables para la producción de energía eléctrica.

➤ **Centrales de Generación Eólica**

La energía eólica es la energía obtenida del viento, este es un efecto derivado del calentamiento desigual de la superficie de la Tierra por el Sol. La energía es utilizada principalmente para producir energía eléctrica. La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. En el parque eólico la producción de la energía eléctrica se consigue a partir de la fuerza del viento, mediante aerogeneradores que aprovechan las corrientes de aire. El principal problema de los parques eólicos es la incertidumbre respecto a la disponibilidad de viento cuando se necesita. Lo que implica que la energía eólica no puede ser utilizada como fuente de energía única y deba estar respaldada siempre por otras fuentes de energéticas con mayor capacidad de regulación (térmicas, nucleares, hidroeléctricas, etc.). La energía eólica requiere condiciones de intensidad y regularidad en el régimen de vientos para poder aprovecharlos. Se considera que vientos con velocidades promedio entre 5 y 12,5 m/s son los aprovechables [7].

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

- **Proyectos de Generación Eléctrica que Ingresaron en el 2017**

En el año 2017, ingresaron en operación comercial centrales de generación de diversas tecnologías: Hidroeléctricas, Biomasa y Termoeléctricas. Las centrales que ingresaron en operación durante el año 2017 son:

TABLA 2: CENTRALES ELÉCTRICAS QUE ENTRARON EN OPERACIÓN EN EL AÑO 2017

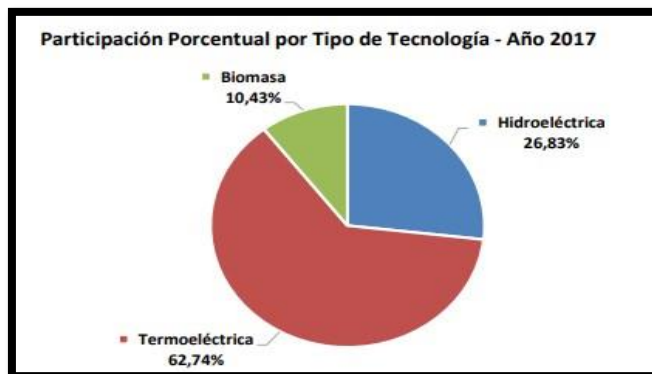
CENTRAL	POTENCIA INSTALADA (MW)	INVERSIÓN (MM US\$)	PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL (POC)
C.T. Iquitos	77.7	108.7	20/10/2017
C.H. Yarucaya	17.5	36.0	17/08/2017
C.B. San Jacinto	21.7	9.0	28/06/2017
C.H. Marañon	18.4	85.6	23/06/2017
C.H. Portrero	19.9	45.9	29/04/2017
C.T. Malacas (Instalación Grupo TG6)	52.8	55.0	25/02/2017
TOTAL	208.0	340.2	

FUENTE: OSINERGMIN [7]

En la Figura 4 se muestra que las centrales hidroeléctricas representan el 26,83% de la potencia que ingresó al SEIN, las termoeléctricas el 62,74% y la central de biomasa el 10,43%.

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

FIGURA 4: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL POR TIPO DE TECNOLOGÍA AÑO 2017



FUENTE: OSINERGMIN [7]

- **Proyectos de Generación Eléctrica que Ingresaron en el 2018**

En lo que va del año 2018, ingresó en operación comercial una central solar fotovoltaica. La central que ingresó en operación es:

TABLA 3: CENTRALES ELÉCTRICAS QUE ENTRARON EN OPERACIÓN EN EL AÑO 2018

CENTRAL	POTENCIA INSTALADA (MW)	INVERSIÓN (MM US\$)	PUESTA EN OPERACIÓN COMERCIAL (POC)
C.S. Rubi	144.48	165.0	30/01/2018
TOTAL	144.48	165.0	

FUENTE: OSINERGMIN [7]

En la Figura 5 se observa que la central solar fotovoltaica representa el 100% de la potencia que ingresó al SEIN.

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

FIGURA 5: PARTICIPACIÓN PORCENTUAL AÑO 2018



FUENTE: OSINERGMIN [7]

- **Fichas Técnicas de Centrales de Generación de Energía Eléctrica en el Perú**

Centrales Hidroeléctricas

➤ **Centrales Hidroeléctricas Mayores**

- Central Hidroeléctrica Chaglla (456 MW)
- Central Hidroeléctrica Cerro Del Águila (513 MW)
- Central Hidroeléctrica Quitaracsá (112 MW)
- Central Hidroeléctrica Santa Teresa (91 MW)
- Central Hidroeléctrica Cheves (168,2 MW)

➤ **Centrales Hidroeléctricas Contratos De Concesión** **Ministerio De Energía Y Minas**

- Central Hidroeléctrica Marañón (18,4 MW)

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

- Central Hidroeléctrica Carpapata III (12,8 MW)
- Central Hidroeléctrica Machupicchu II (102 MW)
- Central Hidroeléctrica Huanza (90,6 MW)

➤ **Centrales Hidroeléctricas Subasta RER**

- Central Hidroeléctrica Yarucaya (17,5 MW)
- Central Hidroeléctrica Potrero (19,9 MW)
- Central Hidroeléctrica Rucuy (20 MW)
- Central Hidroeléctrica Chancay (19,2 MW)
- Central Hidroeléctrica Canchayllo (5,26 MW)
- Central Hidroeléctrica Runatullo II (19,1 MW)
- Central Hidroeléctrica Runatullo III (20 MW)
- Central Hidroeléctrica Las Pizarras (18 MW)
- Central Hidroeléctrica Yanapampa (4,13 MW)
- Central Hidroeléctrica Huasahuasi II (10 MW)
- Central Hidroeléctrica Nuevo Imperial (3,97 MW)
- Central Hidroeléctrica Huasahuasi I (10 MW)

Centrales Termoeléctricas

➤ **Centrales Termoeléctricas conectadas al SEIN**

- Central Termoeléctrica Iquitos Nueva – Reserva Fría (77,7 MW)
- Central Termoeléctrica Malacas (Grupo A Gas Tg6 (52,8 MW)
- Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Chilca 2 (112,8 MW)
- Central Termoeléctrica Ilo 4-Nodo Energético Del Sur Ilo (720 MW)

- Central Termoeléctrica Planta Pucallpa - Reserva Fría (45,6 MW)
- Central Termoeléctrica Puerto Maldonado - Reserva Fría (20,1 MW)
- Central Termoeléctrica Puerto Bravo-Nodo Energético Del Sur Mollendo (788,8 MW)
- Central Termoeléctrica Puerto Callao (13,2 MW)
- Central Termoeléctrica Recka (181,3 MW)

➤ **Centrales Termoeléctricas no conectadas al SEIN o de reserva**

- Central Termoeléctrica Planta Éten - Reserva Fría (240.5 MW)
- Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Chilca (Fénix) (534.3 MW)
- Central Termoeléctrica Lagunas Norte (12.775 MW)
- Central Termoeléctrica Santo Domingo De Los Olleros (197.6 MW)
- Central Termoeléctrica Malacas (Turbina A Gas Tg5 - Reserva Fría) (200 MW)
- Central Termoeléctrica Planta Ilo - Reserva Fría (564 MW)
- Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Chilca 1 (862.2 MW)
- Central Termoeléctrica Tablazo (30 MW)
- Central Termoeléctrica Ciclo Combinado Kallpa IV (873.9 MW)
- Central Termoeléctrica De Cogeneración Huachipa (13.6 MW)

Centrales Termoeléctricas Biomasa

➤ **Centrales Termoeléctricas Biomasa conectadas al SEIN**

- Central De Biomasa San Jacinto (21,71 MW)
- Central De Biomasa La Gringa V (3,2 MW)

➤ **Centrales Termoeléctricas Biomasa no conectadas al SEIN o de reserva**

- Central Termoeléctrica Maple Etanol (37.52 MW)
- Central Termoeléctrica Huaycoloro (4 MW)

Centrales Solares

➤ **Centrales Termoeléctricas Solares conectadas al SEIN**

- Central Solar Rubí (144,48 MW)

➤ **Centrales Termoeléctricas Solares no conectadas al SEIN o de reserva**

- Central Solar Moquegua Fv (16 MW)
- Central Panamericana Solar (20 MW)
- Central Majes Solar 20t (20 MW)
- Central Solar Repartición 20t (20 MW)
- Central Tacna Solar (20 MW)

Centrales Eólicas

➤ **Centrales Eólicas conectadas al SEIN**

- Central Eólica 3 Hermanas (97.15 MW)

➤ **Centrales Eólicas no conectadas al SEIN o de reserva**

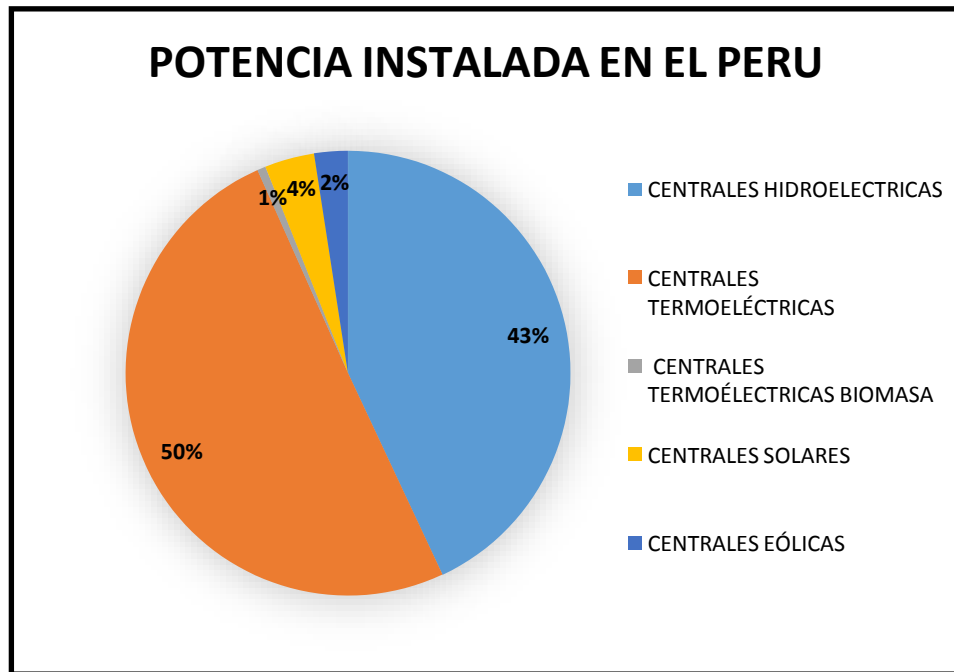
- Central Eólica Cupisnique (80 MW)
- Central Eólica Talara (30 MW)
- Central Eólica Marcona (32 MW) [7]

• **Participación de la Generación Eléctrica por tipo de tecnología**

En el siguiente gráfico Figura 6, podemos observar que en el Perú, el 50 por ciento de la Potencia Instalada es netamente de Centrales Termoeléctricas, el 43 por ciento es ocupada por las Centrales Hidroeléctricas y tan solo el 7% es ocupada por Centrales de Energía renovables.

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

FIGURA 6: PARTICIPACIÓN DE LA GENERACIÓN ELÉCTRICA POR TIPO DE TECNOLOGÍA



FUENTE: ELABORACION PROPIA

Como observamos en la figura número 6 la participación de las centrales termoeléctricas sean del tipo simples, Dual o ciclo combinado ocupan el 50% en promedio, lo cual nos da dos conclusiones inmediatas una de ellas es la dependencia que tiene la producción de energía hacia combustibles fósiles sea petróleo, algún derivado diésel como el B5 y el gas natural y la segunda es la poca participación de las centrales que utilizan recursos renovables, excluyendo de estas a las Centrales Hidroeléctricas. Claro podemos indicar que las centrales hidroeléctricas ocupan el segundo lugar, pero estas no son infinitas en tiempo de vida, además de que modifican el ecosistema donde es instalada una CCHH, como se explicó en un punto anterior donde tratamos el impacto ambiental de cada tipo de central.

Debe ser un tema de preocupación que solo ocupemos menos del 7% en lo que se refiere a energías limpias y renovables, pero solo aparecen en el año presentado 2 tipos de tecnologías porque no se ha implementado otras posibilidades debido a que no posee ni se propone un plan de mejora, una opción viable con el propósito de innovar nuestra matriz energética la cual debe tener como mayor prioridad el desligarse de la dependencia hacia los combustibles fósiles.

- **Proyectos y ampliaciones de Centrales en el Perú hasta el 2026**

A continuación, se muestran los resultados de las proyecciones de la demanda correspondiente a Nuevos Proyectos y Ampliaciones, para el Informe Diagnóstico 2014-2026. En las tabla 3 y 4 se presentan las estimaciones para el escenario Base en términos de energía y potencia respectivamente: [7]

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

TABLA 4: LAS PROYECCIONES DE LA DEMANDA CORRESPONDIENTE A NUEVOS PROYECTOS Y AMPLIACIONES

Año	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Proyectos: Ampliaciones y Nuevos (MW)	29	397	757	1042	1387	1683	1951	2170	2333	2470	2525	2594	2654
1 Tía María (SPCC)				0	0	0	0	0	47	93	93	93	93
2 Los Chancas (SPCC)							0	0	50	100	100	100	100
3 Ampliación Concentradora Cusajone (SPCC)		0	15	22	68	68	68	68	68	68	68	68	68
4 Ampliación Concentradora Toquepala (SPCC)		0	7	17	101	101	101	101	101	101	101	101	101
5 Ampliación Fundación (SPCC)					0	10	10	10	10	10	10	10	10
6 Ampliación Refinería (SPCC)					0	8	8	8	8	8	8	8	8
7 Ampliación Cerro Verde -500kV		210	369	405	405	405	405	405	405	405	405	405	405
8 Ampliación Quimpac - Oquendo II	18	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9 Ampliación El Brocal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 Ampliación Shougang Hierro Perú				33	36	65	99	108	108	108	108	108	108
11 Ampliación Antamina	5	24	39	39	41	41	124	124	124	128	133	138	138
12 Ampliación Aceros Arequipa-Pisco	1	6	6	11	16	31	31	46	46	46	46	46	46
13 Ampliación Cerro Lindo (Milpo)													
14 Ampliación Bayovar (Miski Mayo)			10	19	21	22	24	29	29	29	29	29	29
15 Cementos Pacasmayo - Fosfatos de Bayovar					20	40	40	40	40	40	40	40	40
16 Cementos Pacasmayo - Cementos Piura		16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17 Ampliación UNACEM- Cementos Lima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 Ampliación UNACEM- Condorcoccha		10	11	11	23	23	24	24	25	25	25	26	26
19 Pachapaqui (ICM)													
20 Minas Conga													
21 Ampliación Antapaccay (GLENCORE)		20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22 Las Bambas (MMG)		21	94	144	156	156	156	156	156	156	156	156	156
23 Corocochuayo- Antapaccay (GLENCORE)				0	23	47	47	47	47	47	47	47	47
24 Constancia (Hudbay)	5	53	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87	87
25 Galeno (Lumina)		3	10	20	48	59	84	119	119	119	119	119	119
26 Bongará - Cajamarquilla (Votorantim)						2	4	10	10	10	10	10	10
27 Mina Quechua							39	78	78	78	78	78	78
28 Quellaveco (Angloamerican)													
29 Mina Chapi (Milpo)				7	26	26	26	26	26	26	26	26	26
30 Chucaapaca													
31 Hilarion (Milpo)													
32 Pukaqaga (Milpo)				10	27	40	40	40	40	40	40	40	40
33 Pampa de Pongo (JMP)			0	16	16	48	48	72	72	72	72	72	72
34 Los Calatos (Hampton)						0	0	5	70	100	100	100	100
35 Michiquillay (Angloamerican)											56	88	147
36 Cañariaco (Candente Copper)													
37 La Granja (Rio Tinto)								59	59	59	59	59	59
38 Sulliden (Shahuindo)			10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
39 Haqura (Antares)						72	120	120	120	120	120	120	120
40 Mina Justa (Marecobre)			0	0	0	0	15	35	35	35	35	35	35
41 Rio Blanco (Zijin Mining Group)						0	0	0	0	0	0	0	0
42 Ampliación Refinería Talara (PETROPERU)				16	66	90	90	90	90	90	90	90	90
43 Corani (Bear Creek)				24	48	48	48	48	48	48	48	48	48
44 Inmaculada- Suyamarca (Hochschild)		10	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
45 La Arena (Rio Alto)				16	17	18	19	21	21	22	23	24	25
46 El Porvenir (Milpo)			4	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
47 Mina Alpacamarca (Volcan)													
48 Nueva Planta de Oxidos VOLCAN			8	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
49 Ampliación SIDERPERU				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
50 Ollachea (Kuri Kullu)			7	14	14	14	14	14	14	9	2	2	2
51 Salmueras Sudamericanas						17	35	35	35	35	35	35	35
52 Accha -Azod- (Zincore Metals)					17	34	34	34	34	45	45	45	45

FUENTE: OSINERGMIN [7]

[7] Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

2.2.4. Impacto ambiental de la Centrales Eléctricas

La generación eléctrica se realiza, básicamente mediante un generador, si bien estos no se diferencian entre sí en cuanto a su principio de funcionamiento, varían en función a la forma en que se accionan. En esto es que difieren en cuanto a la fuente de energía primaria que utilizan para convertir la energía almacenada en ella en energía eléctrica.

Dependiendo de la fuente de energía primaria que utilizan, las centrales generadoras se clasifican en termoeléctricas (de carbón, gas, petróleo, nucleares y solares termoeléctricas), hidroeléctricas (aprovechando las corrientes de ríos o de mar: mareomotriz), eólicas, solares fotovoltaicas y termo solares. Todas estas centrales exceptuando las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un alternador de corriente.

Todas estas fuentes de energía producen un tipo de impacto ambiental. La eólica produce un impacto visual en el paisaje y ruido de baja frecuencia, que pueden ser una trampa para las aves. Las centrales hidroeléctricas menos agresivas son las centrales mini hidráulicas, ya que las centrales hidráulicas de mayor envergadura con sus grandes presas producen pérdida de la biodiversidad, metano por materia vegetal no retirada, provocan pandemias como fiebre amarilla, dengue, esquistosomiasis, en particular en clima templado o cálidos, inundan zonas con patrimonio cultural o paisajísticos y, por último, el movimiento de poblaciones a otros lugares.

Las centrales solares se encuentran entre las menos agresivas salvo el debate generado por la electricidad fotovoltaica respecto a que se utiliza gran cantidad de energía para producir los paneles fotovoltaicos y tarda bastante tiempo en amortizarse esa cantidad de energía. La mareomotriz se ha descontinuado por altísimos costos iniciales y el impacto ambiental que se suponen. La energía de las olas junto con la energía de la energía

de las corrientes marinas habitualmente tiene bajo impacto ambiental ya que usualmente se ubican en zonas agrestes. La energía de la biomasa produce contaminación durante la combustión por emisión del CO₂ pero es reabsorbida por el crecimiento de las plantas cultivadas y necesita tierra cultivable para su desarrollo, disminuyendo la cantidad de tierras cultivables disponibles para el consumo humano y para la ganadería, con un peligro de aumento del costo de los alimentos y aumentando la producción de monocultivos.

Para identificar las emisiones de las sustancias contaminantes por toneladas dependiendo de la tecnología de las centrales en un periodo determinado se estiman cálculos de emisiones de sustancias contaminantes, dichas emisiones deberán ser incluidas con el potencial del calentamiento global.

Con estas cantidades de emisiones se determina un valor en términos monetarios, con un valor de referencia del precio del bióxido de carbono. A su vez se obtiene un cociente al dividirlo entre los mega watts de generación de electricidad para cierto periodo. El valor resultante por tecnología deberá incorporarse a los costos de operación y mantenimiento, lo que permitirá incluir externalidades en las comparaciones y análisis entre tecnologías, así como reparar escenarios de emisiones o impactos.

TABLA 5: COSTOS DE CONTAMINACIÓN POR TECNOLOGÍA

TECNOLOGÍA	RECEPTORES (US\$/MWh)					TOTAL
	Salud	Pérdida de biodiversidad	Cultivos	Materiales de Construcción	Cambio climático	
Diesel	6.38	0.52	0.06	0.03	2.12	9.11
Gas Natural CS	2.08	0.39	0.07	0.03	9.19	11.75
Gas Natural CC	1.4	0.25	0.05	0.02	6.15	7.87
Carbón	6.12	0.59	0.08	0.04	12.71	19.53
Hidráulica de pasada	0.12	0.01	0	0	0.06	0.19
Hidráulica de embalse	0.12	0.01	0	0	0	0.13
Nuclear	0.01	0	0	0	0	0.01
Eólica	0.25	0.01	0	0.01	0.09	0.37
Biomasa	2.5	0.27	0.07	0.04	0.53	3.41
Geotérmica						1.04**
Solar FV	1.47	0.07	0.01	0.02	0.4	1.98
Biogás de Rellenos						
Sanitarios	2.85	0.1	0.01	0.09	0.16	3.21

De la tabla mostrada se aprecia que el mayor impacto las producen centrales de generación que utilizan combustibles fósiles predominando las que usan carbón. Las renovables y las nucleares debido a su menor contribución en emisiones atmosféricas, impactan menos a la salud y al efecto invernadero y consecuentemente tienen menor costo externo. Este diferencial de costos debe tomarse en cuenta y aplicarse para proponer como alternativas más eficientes y limpias e impulsar el empleo de fuentes renovables de energía.

Las decisiones sobre la expansión de la capacidad de generación eléctrica deben ser tomadas considerando el aspecto económico, la seguridad energética, así como el impacto ambiental y social que esta actividad involucra.

2.2.5. Aspectos ambientales sobre fusión nuclear

El uso de plantas de energía de fusión podría reducir los impactos ambientales de la creciente demanda mundial de electricidad, a partir de

que al igual que la energía de fisión nuclear, no contribuyen a la lluvia ácida o el efecto invernadero.

La energía de fusión podría satisfacer fácilmente las necesidades energéticas asociadas con el crecimiento económico continuo, dada la alta disponibilidad de los combustibles. No habría peligro de una reacción de fusión fuera de control, debido a que es intrínsecamente imposible, y cualquier falla podría dar lugar al sacar de servicio de manera inmediata la planta eléctrica. Sin embargo, aunque la fusión no genera productos de larga vida media radiactiva y los gases no quemados pueden ser tratados en el lugar, se debe reemplazar periódicamente la primera pared del reactor para evitar la contaminación del equipo y consola de operación debido a la activación neutrónica que sufrirá la pared pues es la primera en recibir el flujo de neutrones.

También, con el fin de reducir el riesgo de una posible liberación de tritio al medio ambiente, las normas de salvaguardias limitan la cantidad de su uso pues es radiactivo y muy difícil de contener, ya que puede penetrar concreto, goma, y algunos grados de acero. Como un isótopo del hidrógeno se incorpora fácilmente en agua, logra que esta pueda ser débilmente radiactiva. Con una vida media de alrededor de 12.3 años, el tritio es una amenaza para la salud por alrededor de 125 años después de su creación, en forma de gas o agua. Esta es una razón por la cual a largo plazo se espera que para el proceso de fusión de deuterio-deuterio, se prescindiera de tritio.

2.2.6. Planteamiento energético peruano

El suministro energético seguro, confiable, oportuno y accesible para todos los sectores económicos y sociales del país que respetan el medio ambiente resulta determinante para el crecimiento económico con miras hacia el desarrollo sostenible.

Resulta, por lo tanto de suma importancia prever necesidades energéticas futuras, al considerar los diferentes recursos existentes en el país y los requerimientos de importación, el comportamiento de los mercados energéticos, las tendencias de la actividad económica, población y la tecnología, así como de la infraestructura necesaria de producción, transporte y distribución.

Frente a este escenario, el proceso de planeamiento energético se convierte en una herramienta necesaria para revisar el entorno y reformular estrategias en el desarrollo de una política de largo plazo. La planificación energética será el instrumento principal para hacer frente a estos desafíos. Una planificación que permita observar los escenarios posibles en el desarrollo de la demanda y de la oferta, además de los proyectos que debemos emprender para hacerlos posibles. No se pretende interferir con las iniciativas de inversión sino señalar guías para su desarrollo con un instrumento referencial y ordenado.

Específicamente, el plan ha sido preparado por el Ministerio de Energía y Minas - MINEM con el apoyo de la Comisión Consultiva que se ha fijado dos metas: la presente propuesta de plan para el mediano plazo (hasta el horizonte 2025), y la preparación de una propuesta para institucionalizar el proceso de planeamiento energético en nuestro país.

La proyección energética 2014-2025 se basa en algunos supuestos; en particular propone tres hipótesis centrales.

En primer lugar, se considera que la economía nacional crecerá en un promedio 4,5% anual y, en un escenario más optimista, 6,5% anual, situación que permitiría confirmar que las reservas e infraestructuras sean suficientes para seguir soportando altas tasas de crecimiento.

En segundo lugar, se postula que el nivel de los precios energéticos en el mercado nacional seguirán las tendencias de los precios mundiales de la energía, a excepción del gas, cuyo precio reflejará las condiciones

contractuales actuales e incorporará más lotes con precios acordes a la oferta y demanda nacional.

En tercer lugar, se plantea la existencia actual de la disponibilidad de recursos, basados en el hecho de que actualmente se cuenta con reservas de producción y recursos de hidroelectricidad, gas natural y energías renovables no convencionales, todos ellos ampliamente preparados para enfrentar el crecimiento económico propuesto.

2.3. Fusión nuclear controlada

Las potencias de fusión del sol y las estrellas donde los átomos de hidrógeno se fusionan para formar helio logran que la materia se convierta en energía. El hidrógeno calentado a temperaturas muy altas pasa de ser un gas a un plasma, en el cual los electrones cargados negativamente son separados de los núcleos atómicos cargados positivamente (iones) y se mueven independientemente unos de otros. Normalmente, la fusión nuclear no es posible porque las fuerzas electrostáticas fuertemente repulsivas entre los núcleos cargados positivamente evitan que estén lo suficientemente cerca para que la fusión se logre.

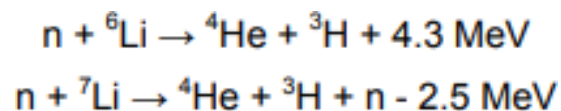
Sin embargo, si las condiciones son tales que los núcleos puedan superar las fuerzas electrostáticas de manera que puedan acercarse suficientemente entre sí, entonces la fuerza de atracción nuclear o también llamada fuerza Fuerte, que une los protones y neutrones en el núcleo atómico, será mayor que la fuerza de repulsión electrostática, permitiendo que los núcleos se fusionen. Tales condiciones pueden ocurrir cuando la temperatura aumenta, causando que los iones se muevan más rápido y, eventualmente alcancen velocidades suficientemente altas como para que los iones estén suficientemente cerca. Así, los núcleos pueden entonces fusionarse, causando una liberación de energía.

El combustible de fusión, consistente en diferentes isótopos de hidrógeno, los cuales son el Deuterio y el otro isotopo usado es el Tritio que al ser expuestos a temperaturas extremas del orden de centenas de millones de grados Celsius, se mantiene lo suficientemente denso y confinado un tiempo suficiente para permitir la fusión de sus núcleos, de modo que se produzca más energía que la que se consume.

El objetivo de los programas de investigación sobre fusión termonuclear controlada busca lograr un plasma en combustión, es decir aquel en el que la mayor parte de la energía provenga de las reacciones de fusión, lo que hasta ahora ha sido muy difícil.

Con la tecnología actual, y según la disponibilidad de combustible, la reacción más factible es entre los núcleos de los isótopos del hidrógeno: deuterio (D) y tritio (T); cada evento de fusión D-T libera 17.6 MeV. El deuterio ($2H$) se encuentra naturalmente en el agua de mar (30 gramos por metro cúbico), lo que hace la relación muy abundante comparada a otros los recursos de energía. El tritio ($3H$) no se produce naturalmente y es radiactivo, así que se produciría en el mismo reactor en la reacción neutrónica con el litio (Li) que se encuentra en una cubierta circundante a la fuente de plasma.

FIGURA 7: REACCIÓN NEUTRÓNICA CON EL LITIO (LI)



Aunque el 6Li es más conveniente, el 7Li se encuentra en mayores cantidades: 30 partes por millón, en la corteza terrestre y también en menor concentración en el mar, además la energía de las partículas alfa favorece el calentamiento del plasma pues lo mantiene en combustión emitiéndole energía que posteriormente se puede separar.

La dificultad ha sido desarrollar un dispositivo que pueda calentar el combustible D-T a una temperatura suficientemente alta y confinarlo el tiempo suficiente para que se libere más energía a través de las reacciones de fusión que son utilizadas para obtener la reacción en avance. Mientras que la reacción D-T es el principal foco de atención, a largo plazo se espera una reacción D-D, pero esto requiere de temperaturas mucho más altas.

2.3.1. Modos de confinamiento del plasma

Como se ha mencionado, se necesita confinar un plasma a una temperatura dada, de manera que el triple producto de la densidad del plasma, el tiempo de confinamiento de energía y la temperatura superen un determinado valor mínimo (dependiendo del tipo de reacción). Esto puede lograrse de las siguientes maneras:

- ✓ Confinando un plasma muy denso durante tiempos muy cortos (confinamiento inercial),
- ✓ Confinando un plasma poco denso durante tiempos muy largos (confinamiento gravitacional), o
- ✓ Confinando un plasma de densidad durante un tiempo moderadamente largo (confinamiento magnético).

- **Confinamiento gravitacional**

Bajo el efecto de la gravitación, la materia en el núcleo de las estrellas alcanza densidades y temperaturas muy altas, y se mantienen durante tiempos muy largos, suficientes para provocar millones de reacciones termonucleares. La fusión en este entorno no se limita sólo al hidrógeno.

Cuando en el centro de una estrella masiva se quema todo el hidrógeno, ésta se contrae debido a que la gravedad ya no es frenada por la presión resultante del proceso de fusión, entonces su centro se calienta más (108 °C), al igual que su densidad aumenta (105 g/cm³), acercándose a las condiciones donde la fusión de núcleos de helio (He) es posible. Aquí, la presión de las nuevas reacciones de fusión detiene la contracción, y nuevos núcleos más pesados aparecen como resultado de la fusión del helio. El proceso se repetirá de nuevo una vez que se consuma todo el helio, hasta que una nueva cadena de reacciones de fusión de elementos pesados es capaz de detener el proceso de contracción.

De esta forma, se van formando todo tipo de núcleos más pesados. La formación de elementos cada vez más pesados depende de la masa total de la estrella, que es la que determina cuánto es posible continuar el proceso de contracción de la materia.

En la Tierra no es posible realizar el confinamiento gravitacional de un plasma; la masa de la Tierra no es suficientemente grande como para contener y comprimir un plasma hasta las densidades y temperaturas necesarias para producir fusión pura.

- **Confinamiento inercial**

En la fusión por confinamiento inercial, láseres o haces de iones se concentran de manera muy precisa en la superficie de una pastilla de combustible D-T, de milímetros de diámetro. Esto calienta a 107 oC aproximadamente la capa exterior del material, que explota hacia el exterior generando un frente de compresión de movimiento interior o implosión que comprime calentando las capas internas del material. El

núcleo del combustible se comprime a mil veces la densidad del líquido, que resulta en condiciones donde la fusión se logra. La energía liberada calienta el combustible circundante que experimenta la fusión, es decir, que las reacciones proporcionan la energía necesaria para mantener el plasma en combustión: condiciones de ignición; la reacción se propaga hacia el exterior a través del combustible. El tiempo necesario para que estas reacciones ocurran está limitado por la inercia del combustible (de ahí su nombre), pero es menor a un microsegundo.

Un trabajo reciente en el Instituto de Ingeniería Láser en la Universidad de Osaka, Japón, sugiere que la ignición se puede conseguir a menor temperatura, con un segundo pulso láser muy intenso guiado a través de un cono de oro de 1 mm de altura dentro del combustible comprimido, y medido para coincidir con la compresión máxima. Esta técnica, conocida como "encendido rápido", significa que la compresión del combustible se separa de la generación de puntos calientes con la ignición, por lo que el proceso se hace más práctico.

- **Confinamiento magnético**

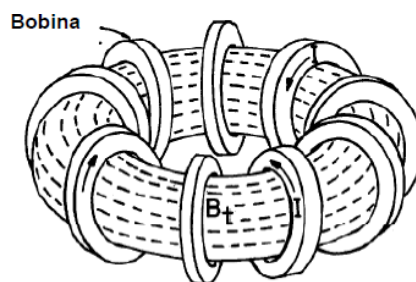
Los campos magnéticos son ideales para confinar un plasma de densidad, temperatura y presión moderadamente altas durante un corto tiempo debido a que las cargas eléctricas de los iones y electrones separados siguen las líneas del campo magnético, esto evita que las partículas entren en contacto con las paredes del reactor, pues disipan el calor. Para un confinamiento adecuado, el campo magnético horizontal debe tener superpuesto sobre sí otro componente de campo perpendicular, es decir, un campo poloidal. El resultado es un campo magnético con líneas de fuerza siguiendo líneas en espiral (helicoidales) que confinan y controlan el plasma a lo largo de las líneas magnéticas como resultado de la fuerza de Lorentz:

FIGURA 8: FORMULA FUERZA DE LORENTZ

$$F = q\alpha(V \times B)$$

Dentro de los sistemas de confinamiento magnético existen dos configuraciones que son de gran importancia: los sistemas abierto y cerrado. Los sistemas abiertos tienen muchas líneas de campo magnético que salen de la región de plasma e intersectan las paredes de la cámara, así que el plasma puede fluir a lo largo de las líneas de campo hacia las paredes. Estos sistemas pueden además tener forma de “espejos” o “cuernos”, dependiendo de la curvatura de las líneas de campo magnético. La dirección de las líneas de campo magnético producidas por las bobinas se puede conocer a partir de la conocida regla de la mano derecha.

FIGURA 9: ESTRUCTURA DEL CONFINAMIENTO MAGNÉTICO



Los sistemas de confinamiento magnético cerrado tienen líneas de campo magnético que mantienen un volumen específico que normalmente tiene forma toroidal simple producido por un grupo de bobinas magnéticas circulares.

2.3.2. Criterio de Lawson

Si se aplica un balance energético del plasma aplicando sus parámetros físicos en términos de la densidad, temperatura y tiempo de confinamiento, se verá que, para que las reacciones de fusión sean auto sostenibles, el plasma deberá tener:

- a. Una temperatura T suficientemente alta tal que pueda producirse la fusión,
- b. Una densidad n elevada para que haya bastantes partículas para mantener las reacciones de fusión y,
- c. Un tiempo de confinamiento tE suficientemente largo para obtener una ganancia energética.

Para cada tipo de reacción de fusión nuclear existe un producto ntE que es función de la temperatura del plasma, éste se llama: "Criterio de Lawson".

Por ejemplo, para un combustible D-T a una temperatura de 10 keV (donde $1\text{keV}=1.6\times 10^7\text{ K}$), el producto es igual a $10^{14}\text{ s}\times\text{cm}^{-3}$. Esto significa que para un plasma de fusión por confinamiento magnético, cuya densidad se sitúa entre las 10^{14} y 10^{15} partículas por cm^3 (ppcc), el tiempo de confinamiento es del orden del segundo, mientras que para un plasma de fusión por confinamiento inercial, cuya densidad está entre 10^{25} y 10^{26} ppcc, ese tiempo será de 10-12 s.

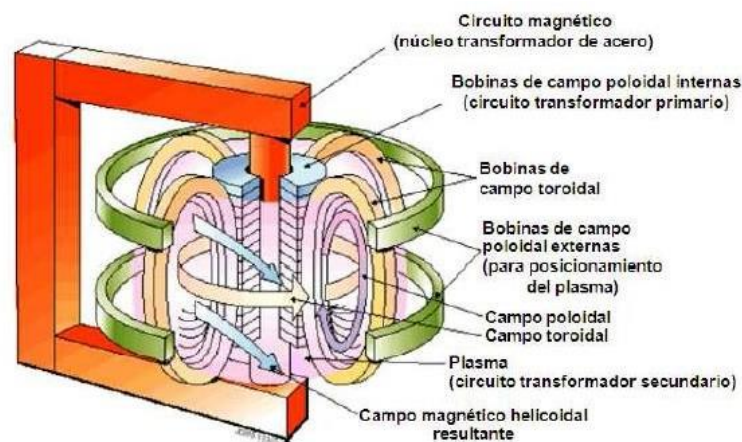
2.3.3. Sistema toroidal

Actualmente existen varios tipos de sistemas de confinamiento toroidal pero los dispositivos más estudiados son los Tokamak, Stellarators y mínimo campo revertido (RFP).

En un Tokamak, el campo toroidal es creado por una serie de bobinas espaciadas uniformemente alrededor del reactor de forma toroidal, y el campo poloidal es creado mediante un sistema de bobinas horizontales fuera de la estructura magnética toroidal. Una fuerte corriente eléctrica es inducida en el plasma usando un solenoide central; esta corriente inducida también contribuye al campo poloidal.

En un Stellarators, las líneas helicoidales de fuerza son producidas por una serie de bobinas que pueden estar en forma helicoidal. A diferencia de los Tokamak, los Stellarators no requieren de una corriente toroidal para ser inducida en el plasma. Los dispositivos RFP tienen los mismos componentes toroidal y poloidal como un Tokamak, pero la corriente que fluye a través del plasma es mucho más fuerte y la dirección del campo toroidal en el plasma se invierte.

FIGURA 10: REACTOR DE FUSIÓN TIPO “TOKAMAK”



En los dispositivos Tokamak y RFP, la corriente que fluye a través del plasma también sirve para calentarlo a 10^7 °C, y así alcanzar la fusión. En los Stellarators, los sistemas de calentamiento deben proporcionar toda la energía necesaria.

Debido a la dificultad en el confinamiento de plasmas, los Stellarators cayeron en desgracia hasta que las técnicas de modelado por computadora permitieron geometrías precisas para cálculo. Debido a que los Stellarators no tienen corriente de plasma toroidal, la estabilidad del plasma es mayor comparada con los Tokamaks. Dado que la combustión del plasma puede ser más fácilmente controlada y monitoreada, los Stellarators tienen un potencial intrínseco de estado estable, en operación continua pero, la desventaja es que, debido a su forma más compleja, los Stellarators son mucho más complejos que los Tokamaks para diseñar y construir.

2.4. Definición de Términos Básicos

- **Combustóleo.-** es una fracción del petróleo que se obtiene como residuo en la destilación fraccionada. De aquí se obtiene entre un 30% y un 50% de esta sustancia. Es el combustible más pesado de los que se pueden destilar a presión atmosférica. Está compuesto por moléculas con más de 20 átomos de carbono, y su color es negro. Se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos.
- **Tokamak.-** en español cámara toroidal con bobinas magnéticas, es un aparato cuyo objetivo es obtener la fusión de partículas de plasma.
- **Stellarator.-** es un dispositivo utilizado para confinar plasmas calientes mediante campos magnéticos con el objetivo de mantener reacciones de fusión nuclear de forma controlada.
- **Deuterio.-** es un isótopo estable del hidrógeno que se encuentra en la naturaleza con una abundancia del 0,015 % átomos de hidrógeno (uno de cada 6500). El núcleo del deuterio está formado por un protón y un neutrón (el hidrógeno tiene solamente un protón).

- **Tritio.**- su núcleo consta de un protón y dos neutrones. Tiene un periodo de semi desintegración de 12,3 años. El tritio se produce por bombardeo con neutrones libres de blancos de litio, boro o nitrógeno.
- **eV.**- El electronvoltio (símbolo eV) es una unidad de energía que representa la variación de energía potencial que experimenta un electrón al moverse desde un punto de potencial V_a hasta un punto de potencial V_b cuando la diferencia $V_{ba} = V_b - V_a = 1V$, es decir, cuando la diferencia de potencial del campo eléctrico es de 1 voltio. Equivale a $1,602176565 \times 10^{-19}$ J, obteniéndose este valor de multiplicar la carga del electrón ($1,602176565 \times 10^{-19}$ C) por la unidad de potencial eléctrico (V).

CAPITULO 3

VARIABLES E HIPOTESIS

3.1. Variables de la Investigación

3.1.1. Variables Dependientes

Energía nuclear por fusión como fuente sustentable

- Indicadores
 - Análisis teórico de la energía del reactor
 - Impacto ambiental

3.1.2. Variables Independientes

La demanda energética en el Perú.

- Indicadores
 - Satisfacción para la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú.

3.2. Operación de Variables

Las variables definidas son el punto de inicio para formular nuestra teoría de cómo poder utilizar la energía nuclear de fusión y los impactos ambientales que produce al emplear dicha tecnología en la producción de energía eléctrica con el fin de satisfacer la demanda eléctrica proyectada en el Perú 2018 al 2026.

La energía por fusión nuclear será hipotética debido a que hasta el día de hoy no se ha podido activar ni un reactor, esto no impide evaluar la energía producida por este tipo de tecnología comparándola con la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú, a través de un análisis de la demanda.

3.3. Formulación de la Hipótesis

3.3.1. Hipótesis general

Si realizo un análisis teórico de energía nuclear de fusión entonces comprobaremos la factibilidad en satisfacer la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú.

3.3.2. Hipótesis Específicos

- ✓ La cantidad de energía generada por el reactor por fusión podrá satisfacer con la proyección de la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú

- ✓ Existirá impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión durante el proceso para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú.

CAPITULO 4 METODOLOGIA

4.1. Tipo de Investigación

El presente proyecto de tesis es del tipo exploratorio, la cual nos concentraremos en conceptos de energía que están siendo investigados. Nos servirá para medir cuan eficiente y cuan sustentable será la energía le energía nuclear por fusión para satisfacer nuestra demanda energética.

4.2. Diseño de la Investigación

El presente proyecto de tesis es del tipo no experimental longitudinal, debido a que menciona cuáles son los avances en distintos espacios de tiempos definidos sobre la energía por fusión nuclear. Se detallaran que avances se esperan para demostrar si este tipo de energía es sustentable para satisfacer la demanda energética en el Perú 2018 al 2026.

4.3. Población y Muestra

4.3.1. Panorama de la energía nuclear como fuente de generación de energía eléctrica a nivel mundial

En sus principios las investigaciones sobre la energía nuclear se utilizaron para la creación de bombas fabricadas durante la segunda guerra mundial, este tipo de energía está basada en la separación de átomos de algunos elementos radiactivos como el uranio o el plutonio, siendo hasta 1950 cuando la energía nuclear se utilizó con fines pacíficos como son la producción de energía eléctrica y la investigación.

En la actualidad 8 países tienen la capacidad de desarrollar armas nucleares, de un total de 56 países donde operan diferentes tipos de

reactores con fines pacíficos, más de 30 países utilizan la energía nuclear como fuente de generación de energía eléctrica. Actualmente se encuentran funcionando en el mundo 436 reactores de potencia, con una capacidad de generación mundial instalada de 372,220 MW (World Nuclear Association – Asociación Nuclear Mundial/ WNA), datos recientes demuestran que se encuentran en construcción más de 30 reactores de potencia alrededor del mundo correspondientes al 8% de la capacidad de generación instalada en la actualidad, además del número de reactores que se encuentran en planes de ser construidos equivalentes al 27% de la actual capacidad de generación nuclear instalada.

4.3.2. Histórico de la demanda eléctrica en el Perú según COES

La demanda máxima del COES para el año 2017 fue 6 595,58 MW ocurrida el día 07 de marzo a las 19:30 h, valor superior en 1,59% respecto a la demanda máxima del año 2016 que fue 6 492,4 MW. La evolución mensual y anual de la demanda máxima para el período de 2000 a 2017, se presenta en la figura 22 en los cuales se puede apreciar la evolución mensual tanto de la demanda como la energía para el citado período.

El despacho de la generación para la máxima demanda fue 64.03% hidroeléctrico, 33.95% termoeléctrico y 2.02% eólico, según lo muestra la figura.

FIGURA 11: COBERTURA DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA POR TIPO DE GENERACION Y TECNOLOGIA

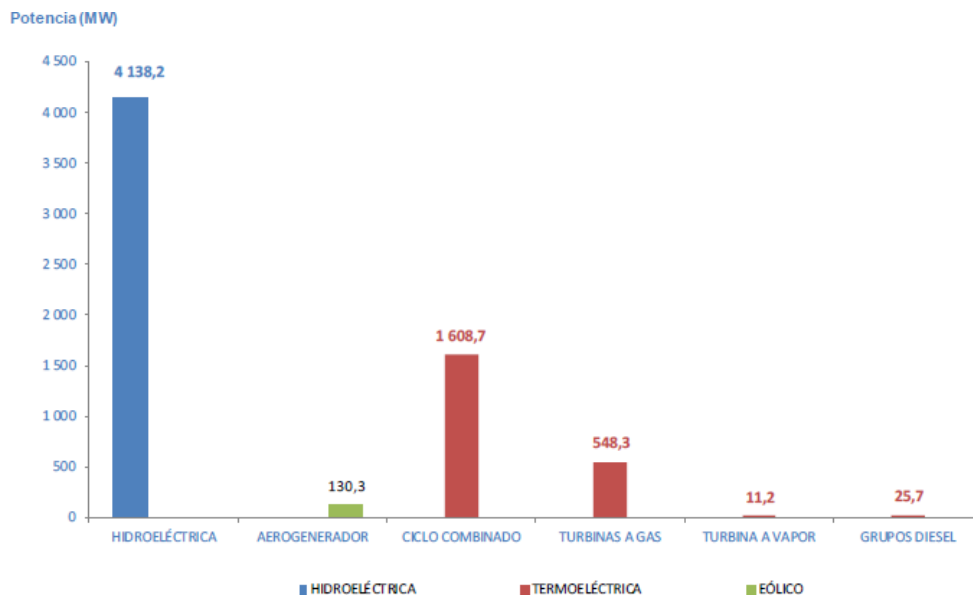


FIGURA 12: COBERTURA DE LA MAXIMA DEMANDA DE POTENCIA POR TIPO DE GENERACION

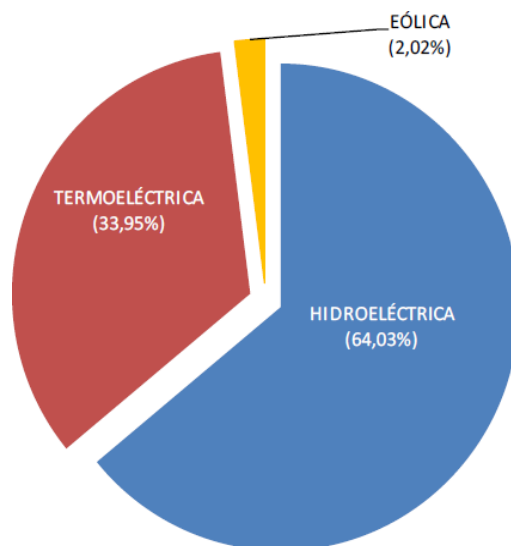


FIGURA 13: HISTÓRICO DE LA MÁXIMA DEMANDA 2000-2017 SEGÚN COES

EVOLUCIÓN DE LA MÁXIMA DEMANDA 2000 - 2017

(MW)

MESES	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2017 / 2016 INC%	
Ene	2 583.0	2 606.8	2 762.4	2 851.2	2 959.3	3 044.1	3 278.6	3 589.2	3 983.0	4 091.1	4 290.5	4 586.4	4 863.2	5 297.8	5 564.7	5 793.6	6 247.0	6 573.2	5.22%	
Feb	2 593.3	2 623.6	2 768.0	2 907.1	2 974.3	3 044.7	3 281.8	3 646.8	4 009.4	4 105.3	4 349.7	4 670.0	4 899.9	5 324.1	5 637.9	5 827.7	6 392.6	6 529.5	2.14%	
Mar	2 592.6	2 641.8	2 822.5	2 927.9	3 007.6	3 106.9	3 351.5	3 727.6	4 072.0	4 155.1	4 452.6	4 714.8	5 099.2	5 354.8	5 677.4	6 036.2	6 444.9	6 595.6	2.34%	
Abr	2 584.2	2 694.1	2 846.9	2 915.2	3 024.8	3 157.3	3 338.1	3 744.5	4 043.2	4 180.0	4 403.6	4 744.0	5 049.4	5 362.6	5 628.5	5 939.3	6 392.8	6 450.0	0.89%	
May	2 586.5	2 673.2	2 823.2	2 914.7	2 978.6	3 193.3	3 320.7	3 758.5	4 018.9	4 124.9	4 381.2	4 718.3	5 071.2	5 388.7	5 660.7	5 944.1	6 268.3	6 427.5	2.54%	
Jun	2 605.7	2 676.6	2 777.8	2 895.8	2 974.3	3 092.2	3 314.4	3 714.3	4 090.8	4 033.8	4 435.5	4 764.2	5 029.5	5 366.4	5 630.7	5 886.1	6 241.9	6 400.8	2.54%	
Jul	2 552.5	2 685.5	2 778.1	2 885.0	2 904.3	3 138.3	3 321.9	3 721.9	4 039.7	3 973.4	4 384.6	4 690.8	5 030.6	5 263.9	5 577.7	5 883.0	6 191.1	6 312.9	1.97%	
Ago	2 583.7	2 669.8	2 775.8	2 882.2	2 972.7	3 127.0	3 353.1	3 730.1	4 073.1	4 025.3	4 344.1	4 676.5	4 992.9	5 255.5	5 523.8	5 848.7	6 189.6	6 303.9	1.85%	
Set	2 636.4	2 694.1	2 838.2	2 887.2	2 973.9	3 175.5	3 395.5	3 758.9	4 108.2	4 056.6	4 387.2	4 791.4	5 026.7	5 321.5	5 592.4	5 900.4	6 278.1	6 341.5	1.01%	
Oct	2 615.3	2 740.8	2 839.2	2 935.8	3 012.4	3 233.8	3 452.1	3 810.8	4 088.1	4 088.4	4 461.0	4 787.9	5 079.3	5 362.5	5 641.0	6 018.1	6 311.5	6 341.2	0.47%	
Nov	2 620.7	2 768.8	2 870.8	2 942.4	3 045.5	3 244.6	3 514.5	3 939.7	4 155.9	4 255.6	4 522.3	4 900.5	5 212.1	5 504.8	5 737.3	6 274.6	6 483.7	6 425.5	-0.90%	
Dic	2 597.4	2 792.2	2 908.2	2 964.8	3 130.8	3 305.0	3 580.3	3 965.6	4 198.7	4 322.4	4 578.9	4 961.2	5 290.9	5 575.2	5 717.7	6 244.3	6 492.4	6 462.4	-0.46%	
Total Anual	2 636.4	2 792.2	2 908.2	2 964.8	3 130.8	3 305.0	3 580.3	3 965.6	4 198.7	4 322.4	4 578.9	4 961.2	5 290.9	5 575.2	5 737.3	6 274.6	6 492.4	6 595.6	1.59%	
Incremento Anual (%)	2,2%	5,9%	4,2%	1,9%	5,6%	5,6%	8,3%	10,8%	5,9%	2,9%	5,9%	8,3%	6,6%	5,4%	2,9%	9,4%	3,5%	1,6%		
Crec. Medio Anual 2001 - 2016 (%)			5,9%																	
Crec. Medio Anual 2010 - 2016 (%)			4,5%																	

4.3.3. Producción Termoeléctrica y Consumo de Combustible

Los combustibles utilizados por las unidades termoeléctricas son combustibles líquidos tales como petróleo diésel 2, residual 6, petróleo industrial de alta viscosidad (PIAV)-R500; combustibles gaseosos como el gas natural y biogás y los combustibles sólidos como el carbón y bagazo. El Cuadro 25 muestra la producción de energía termoeléctrica para el año 2017 con la siguiente participación: 874,05 GW.h correspondieron a las unidades que usan combustibles líquidos; 18 227,07 GW.h de las unidades a gas natural; 41,94 GW.h generados por las unidades que consumen biogás; y de los combustibles sólidos, 81,69 GW.h de las unidades turbo vapor que generan con bagazo y 673,70 GW.h de las unidades que usan carbón.

FIGURA 14: PRODUCCION TERMOELECTRICA, CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y RENDIMIENTO MEDIO 2017

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA (GWh)	PARTICIPACIÓN %	CONSUMO Miles de m ³	PARTICIPACIÓN %	RENDIMIENTO kWh/m ³
LIQUIDOS	ENGIE	102.60	11.74	35.83	13.77	2 863.92
	SAMAY I	656.93	75.16	192.55	74.03	3 411.81
	EGASA	62.10	7.11	14.92	5.74	4 162.68
	ENEL GENERACIÓN	16.83	1.93	4.83	1.86	3 482.86
	ENEL PIURA	0.87	0.10	0.06	0.02	14 198.44
	CERRO VERDE	3.35	0.38	1.07	0.41	3 118.33
	SHOUGESA	19.66	2.25	7.13	2.74	2 757.55
	PLANTA ETEN	6.91	0.79	2.02	0.78	3 417.04
	ELECTROPERU	1.73	0.20	0.42	0.16	4 136.43
	IEP	3.06	0.35	1.27	0.49	2 406.84
TOTAL		874.047	100.00	260.10	100.00	

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA (GWh)	PARTICIPACIÓN %	CONSUMO Millones de m ³	PARTICIPACIÓN %	RENDIMIENTO kWh/m ³
GAS NATURAL	KALLPA	3 391.8	18.61	664.5	17.43	5 104.30
	ENGIE	5 611.2	30.79	1 060.6	27.83	5 290.62
	ENEL GENERACIÓN	2 910.1	15.97	671.9	17.63	4 331.14
	FENIX	4 112.8	22.56	733.5	19.24	5 606.76
	TERMOCHILCA	621.2	3.41	175.3	4.60	3 543.29
	ENEL PIURA	557.5	3.06	186.7	4.90	2 985.81
	EGASA	501.6	2.75	164.1	4.30	3 057.15
	TERMOSELVA	126.2	0.69	43.6	1.14	2 892.95
	SDF ENERGÍA	234.2	1.28	68.5	1.80	3 416.97
	EGESUR	150.7	0.83	35.9	0.94	4 196.66
	SDE PIURA	9.7	0.05	6.9	0.18	1 414.35
TOTAL		18 227.1	100.00	3 811.6	100.00	

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA (GWh)	PARTICIPACIÓN %	CONSUMO Miles de Tn	PARTICIPACIÓN %	RENDIMIENTO KWh/Kg
CARBÓN	ENGIE	673.7	100.00	245.5	100.00	2.74
TOTAL		673.7	100.00	245.5	100.00	

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA (GWh)	PARTICIPACIÓN %	CONSUMO Miles de Tn	PARTICIPACIÓN %	RENDIMIENTO KWh/Kg
BAGAZO	AIPSA	81.5	99.80	321.1	99.78	0.25
	AURORA	0.2	0.20	0.7	0.22	0.24
TOTAL		81.7	100.00	321.8	100.00	

TIPO DE COMBUSTIBLE	EMPRESAS	ENERGÍA (GWh)	PARTICIPACIÓN %	CONSUMO Miles de m³	PARTICIPACIÓN %	RENDIMIENTO KWh/m³
BIOGÁS	PETRAMAS	30.1	71.87	19.1	71.73	1 577.21
	ECELIM	11.8	28.13	7.5	28.27	1 566.23
TOTAL		41.9	100.0	26.6	100.0	

4.3.4. Proyección de la demanda de hidrocarburos líquidos

El plan energético 2014-2025 y el informe NUMES, presentan proyecciones similares de demanda de hidrocarburos líquidos en cada horizonte de análisis de miles de barriles diarios, MBD, Figura 4. Según el MINEM, en 2025, el consumo de combustible líquido oscilará entre los 280 y 340 MBD, para los dos escenarios propuestos para el PBI. En el informe del NUMES prevé que en el 2040 el consumo de combustible líquido será de 380 MBD en el escenario pesimista y de 500 MBD en el escenario optimista.

Se puede observar que en ninguna de las dos proyecciones se sustenta alguna reducción del consumo de este combustible si no sucede todo lo contrario se pronostica en el mejor de los escenarios un aumento del consumo del combustible líquido. Hay que dejar en claro que ambos estudios globalizan el consumo de combustible líquido no solo en el área de la energía eléctrica, sino en todo tipo de campo donde este se recurrido, pero nuestro estudio solo se concentrara en el porcentaje usado en la generación de energía eléctrica.

Coloquemos esta información en un supuesto escenario donde el mayor consumidor sea en el área de generación de energía eléctrica, un aumento en el consumo de MBD de combustible líquido, viene asociado con un

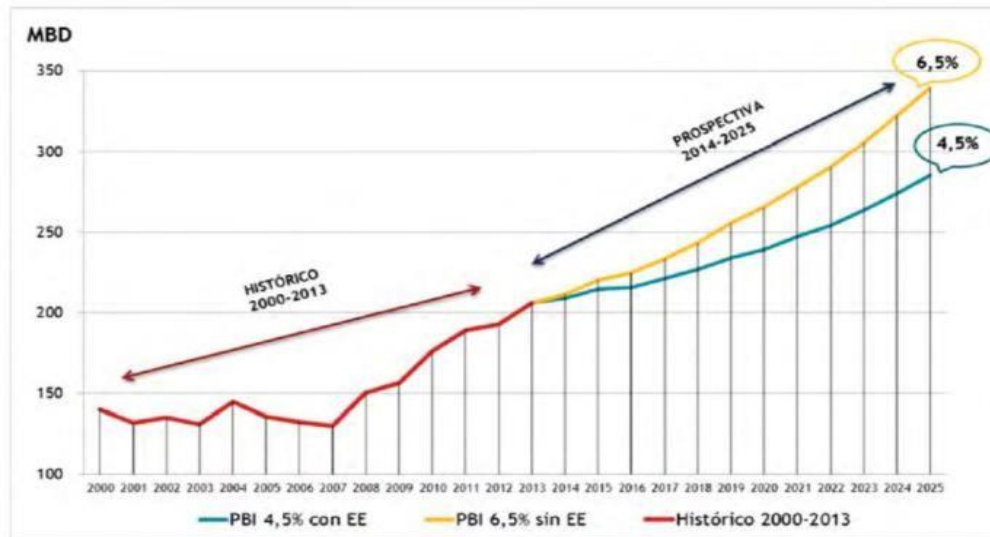
aumento en el indicador de crecimiento económico del país el PBI. Esto nos diría que el plan energético para poder suplir la demanda de energía, tendría como principal herramienta este tipo de tecnología, es decir que la mayor cantidad de energía para suplir esta demanda se espera que provengan de las centrales termoeléctricas, sea cual sea su tipo de tecnología, lo cual es un grave error porque en los primeros capítulos del presente estudio se mencionó que nos estamos volviendo dependientes de este tipo de combustible.

De igual manera se puede hacer referencia a la siguiente cita del informe (balance nacional de energía 2014).” La dependencia del petróleo en el sector transporte es el eslabón más débil de la economía peruana, el 85% del consumo de petróleo se destina al sector transporte terrestre y marítimo y mercancía. No existe un sustituto para el petróleo”, Figura 5 y Figura 6.

Si se tiene como preámbulo una descripción tan objetiva sobre la dependencia sobre este tipo de combustible, los planes energéticos a futuro no deberían basarse siempre sobrecargando el mismo eslabón débil debemos buscar otro tipo de alternativas, apostar por una solución que nos permita visualizar un futuro que sea realmente sostenible, en el cual las futuras generaciones no tengan que sopesar con la actualidad en la que vivimos, no debemos cerrar nuestras mentes pensando que la solución es aquella que es la más fácil de optar porque es la que está al alcance de nuestras manos, pues esta solución que es petróleo o cualquier otro combustible líquido como el gas natural es un recurso finito.

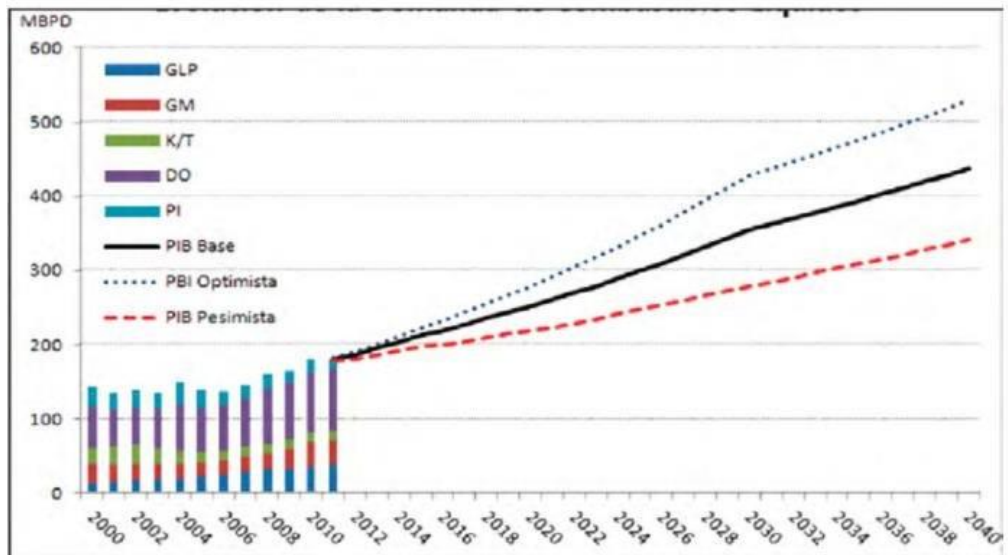
Aquí es donde planteamos una gran interrogante. ¿Qué sucederá cuando sea demasiada cara la extracción de estos combustibles líquidos y/o se acaben los mayores yacimientos de los mismos?

FIGURA 15: EL PLAN ENERGÉTICO 2014-2025 PROYECCIONES DE DEMANDA DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS

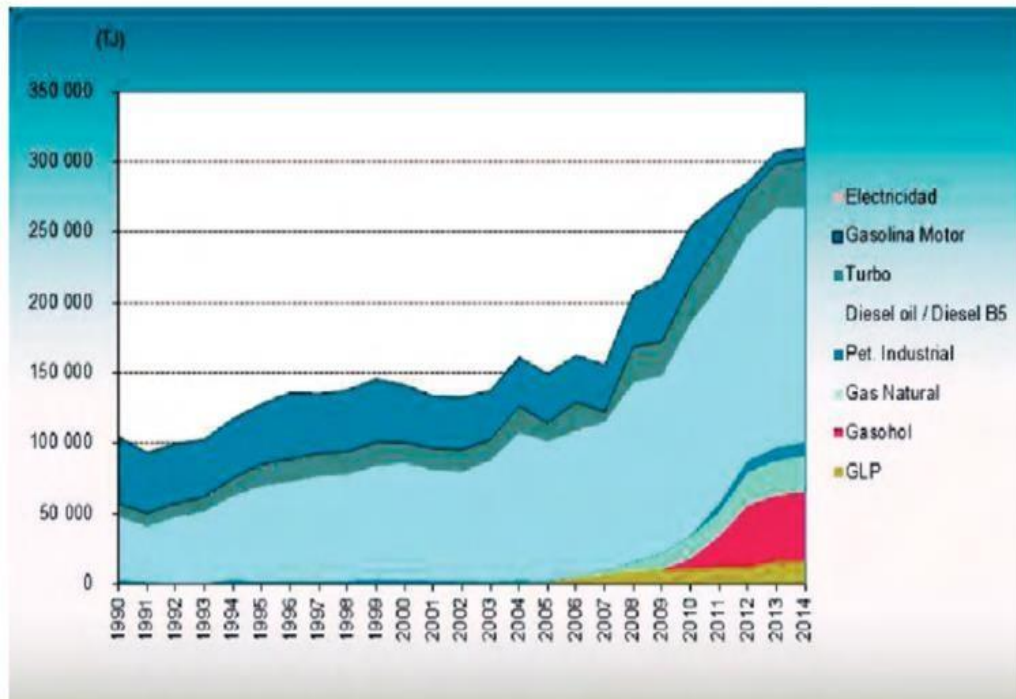


FUENTE INFORME NUMES 2014

FIGURA 16: EVOLUCIÓN DEL PRODUCTO BRUTO INTERNO ENTRE 2000-2025 Y LA DEMANDA INTERNA ENTRE 2000-2040



**FIGURA 17: EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE
HIDROCARBUROS Y BIOCOMBUSTIBLES EN EL SECTOR
TRANSPORTE 1990-2014**



El Perú no es un país productor petrolero. La máxima producción se logró en los 80 apenas 200 MBD, actualmente la producción de MBD en el presente año es de 48,675. A pesar de las predicciones del ministerio de energía y minas y su respetable deseo de volver un país productor al Perú, se observa que sucede todo lo contrario se observa una dependencia externa del petróleo crudo y se aumenta la brecha entre productor y consumidor cada vez más.

En un futuro cercano la situación puede ser realmente angustiada y condicionar seriamente la situación económica del país a una excesiva dependencia de la volatilidad de los precios de los derivados del petróleo, pues la brecha que separa la demanda y la producción de este tipo de combustible se sigue abriendo de manera preocupante.

FIGURA 18: PRODUCCIÓN DE HIDROCARBUROS EQUIVALENTES 1994-2017

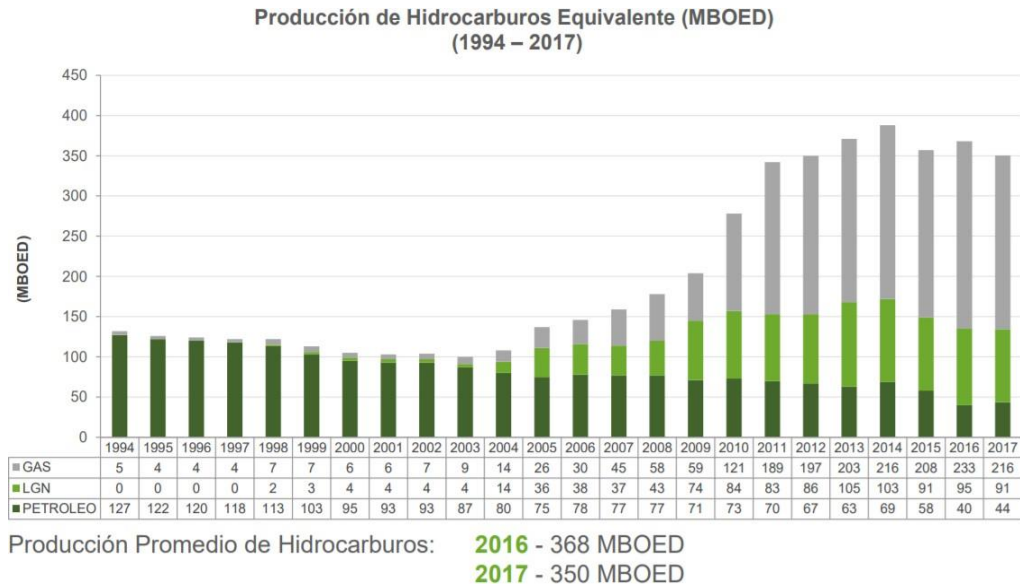
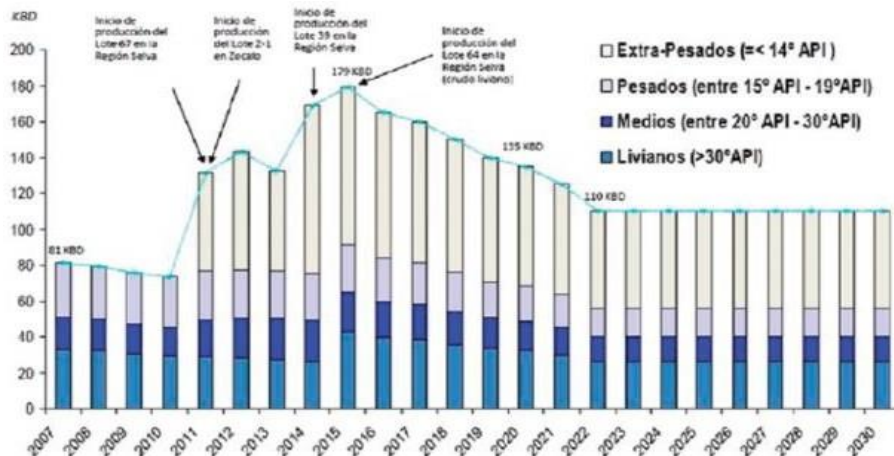


FIGURA 19: EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE PETRÓLEO EN PERÚ HASTA 2030. FUENTE PERUPETRO.



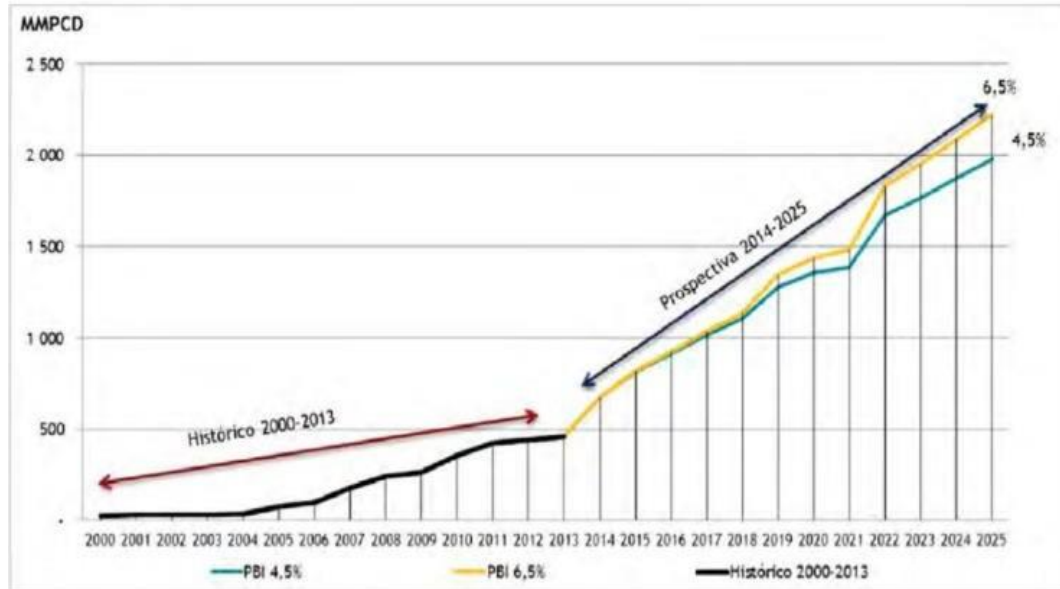
La producción de crudo convencional en Perú se reduce, inexorable e irreversiblemente año tras año, mientras la demanda se incrementa incesante por un modelo energético insostenible. En un horizonte futuro de elevada volatilidad de precios, debido a las tensiones geopolíticas en las principales zonas de producción y al declive de la producción de los denominados súper yacimientos, Perú debe elaborar con carácter de emergencia un plan de desacoplamiento del consumo del petróleo y sus derivados. En el mundo, los modelos energéticos de diferentes países industrializados experimentan un singular proceso de transformación y Perú no debe ser ajeno a ese proceso internacional, puesto que está en juego la sostenibilidad económica del país y de sus futuras generaciones.

4.3.5. Proyección de la demanda de Gas natural

El plan energético nacional 2014-2025, establece que la evolución de la demanda de gas natural, en dependencia de cada escenario evaluado, estará asociado a la construcción de nuevas centrales termoeléctricas, al desarrollo de la industria nacional y al uso del gas en unidades de transporte.

Así que se prevé el consumo de gas natural en el 2025 de uno 1900 millones de pies cúbicos día, MMPCD, en el escenario conservador y unos 2400 MMPCD en un escenario optimista.

FIGURA 20 EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA DEMANDA DE GAS NATURAL HASTA 2025



En Perú, se ha posicionado la inconsistente idea que la explotación comercial del gas de Camisea era económicamente viable sólo si se procedía a un masificado empleo del gas natural en la producción de energía eléctrica en centrales térmicas y en el sector del transporte. Una absurda visión cortoplacista que encadena a Perú a una nueva droga fósil, no renovable y con fecha de agotamiento. En un futuro no muy lejano, se deberá abordar, en condiciones geopolíticas internacionales muy complejas, el proceso de desmetanización de Perú.

Se presenta el mismo escenario que el presentado en el punto anterior con el petróleo nuevamente porque nace el hecho que volvemos dependientes de un nuevo combustible fósil, pues la respuesta es clara y objetiva no se tiene un plan B si es que puede llamarse a la alternativa en la cual estos dos principales combustibles fósiles no sean la base en la producción de energía en nuestra matriz energética, si no en cambio que sean las energías limpias y renovables las energías del futuro aquella que de una

vez por todas nos saquen de una llamada zona de confort en la cual se vive con una resistencia hacia un cambio por lo innovador, por la investigación por la energía que realmente es inagotable, limpia y que es el futuro de todo tipo de necesidad que es la energía por fusión. De igual manera seguiremos analizando en este punto la situación actual y lo que se pronostica el cual será el futuro pronosticado del gas en el Perú.

En los últimos años, se ha creado una gravísima dependencia del gas natural en el sector transporte ,250 mil vehículos convertidos a gas y en el sector eléctrico la mitad de la producción eléctrica anual , afectando seriamente la sostenibilidad y vulnerabilidad energética del país en los próximos años. A finales de 2013, el sector de generación eléctrica térmica ya consumía el 27% de la producción total de gas natural.

De acuerdo con el último reporte emitido por Business Monitor International Research sobre gas y petróleo en Perú, la producción de gas natural va a continuar creciendo durante los próximos años, como consecuencia de diferentes proyectos.

FIGURA 21: INDICES DE CONSUMO DE GAS NATURAL Y PETROLEO.

Perú: industria de petróleo y gas, 2016-2022							
	2016	2017	2018 p/	2019 p/	2020 p/	2021 p/	2022 p/
Producción de crudo, LGN y otros productos líquidos (miles de barriles por día)	136.4	135.7	139.9	141.9	145.6	148.9	152.0
Producción de gas natural (miles de millones de metros cúbicos)	13.8	14.1	14.5	15	15.6	16.1	16.6
Consumo de gas natural (miles de millones de metros cúbicos)	6.0	6.2	6.5	6.7	7.3	7.6	8.0
Producción de productos refinados (miles de barriles por día)	219.0	219.0	219.0	229.9	239.1	243.9	245.1
Consumo de productos refinados y etanol (miles de barriles por día)	278.8	305.1	350.8	417.9	528.1	716.7	1,044.5
Brent (US\$ por barril)	45.13	54.75	65.00	69.00	72.00	75.00	75.00

FUENTE: BUSINESS MONITOR INTERNATIONAL

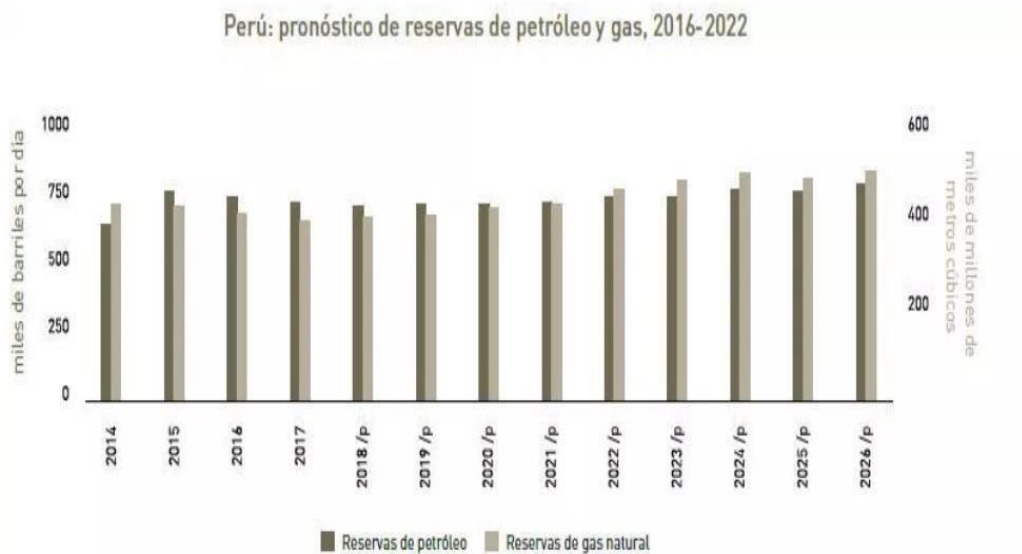
Una muy significativa parte de la producción nacional de gas natural se exporta como gas licuado mientras muchas industrias nacionales carecen del gas necesario para generar riqueza en el país. Riqueza entendida como creación de bienes y productos con valor añadido. No parece lógico que el gas natural, en un país donde debería ser un componente primordial del proceso de transformación del modelo energético, sea exportado a terceros países a precios irrisorios. El rubro de exportación ya alcanza 57% de la producción total de gas natural de Perú,

Finalmente, un aproximado de 3,1% del gas natural producido en Perú se emplea en el sector industrial, mientras que 7,4% es distribuido a clientes regulados (consumidores domésticos y comerciales). La exportación del gas natural y su empleo en sistemas de conversión con bajo rendimiento induce a pensar que no se ha dedicado el tiempo suficiente a planificar y discutir en qué se debería haber empleado un recurso tan escaso. En las altas esferas del poder, se decidió engancharnos a un recurso escaso, contaminante y sin continuidad en el tiempo. La nueva adicción energética peruana se llama gas natural de Camisea, una adicción que tarde o temprano deberá ser abordada.

Se vislumbra con carácter de urgencia la necesidad elaborar un plan energético de sustitución del gas natural en un horizonte de tiempo muy corto, de 10 a 20 años. De lo contrario, se expone al país a una futura dependencia del gas procedente del exterior a precios desorbitados. En la próxima década, si no se certifican nuevas reservas de gas, Perú deberá importar gas natural para satisfacer sus necesidades energéticas, especialmente, para garantizar la producción eléctrica en las centrales de ciclo combinado. Perú ya ha sufrido la terrible experiencia en convertirse de exportador de petróleo a importador de derivados de petróleo. Hoy, se exporta el gas natural de Camisea sin tener una estrategia energética a largo plazo, que permita abordar una previsible situación de agotamiento y escasez de este recurso a escala local. La falta de gas local obligará a

importar gas en un entorno internacional de agotamiento global de recursos fósiles, enmarcado en una situación geopolítica de elevada tensión en las principales zonas internacionales de producción de petróleo y gas natural.

FIGURA 22 PRONOSTICO NACIONAL DE RESERVAS DE PETROLEO Y GAS PROYECCION 2016-2022.



FUENTE: BMI RESEARCH

4.4. Costos fijos y variable de una Central Termoeléctrica en el Perú

Cuando se analiza la generación eléctrica se considera tanto la capacidad de generación como la producción de electricidad debido, principalmente, a que la electricidad no se puede almacenar a costos razonables. Ello hace que para poder cubrir los requerimientos de la demanda en todo momento se tenga que tener capacidad instalada que en algunos períodos no es plenamente utilizada. La capacidad de generación se mide normalmente como megavatios (MW) o kilovatios (kW) de potencia, y se emplea tanto para determinar las dimensiones de los generadores eléctricos como

también de referencia para establecer la magnitud de los costos fijos (costo de inversión o costo de potencia y costos de mantenimiento fijos), los cuales se suelen expresar en US\$ por MW instalado o en US\$ por MW-año. La producción de electricidad se mide como un flujo producido o la suma de los requerimientos de capacidad a lo largo de un período de tiempo, y se expresa normalmente en megavatios-hora (MWh) o kilovatios-hora (kWh). Normalmente los costos de generar electricidad se dividen en dos partes: el costo fijo, que es el costo asociado a la inversión más los costos de operación y mantenimiento fijos necesarios para mantener la central de generación disponible, produzca o no produzca; y el costo variable, que se refiere al costo de operación y mantenimiento que cambia con la cantidad producida. Para obtener el costo total es necesario expresar ambos costos en US\$/MWh o ctvs. US\$/kWh. Como se verá en las siguientes secciones, existe una relación inversa entre ambos costos si se les compara por tecnología, pues las centrales con menores costos fijos suelen tener mayores costos variables y viceversa. Ello, unido a la necesidad de mantener capacidad instalada disponible para cubrir la demanda en todo momento, hace que la solución más eficiente (la de menor costo posible) sea que el parque generador esté compuesto por una combinación de tecnologías de generación.

TABLA 6: COSTO FIJO DE GENERACION ELECTRICAS

Tipo de central	Costo unitario de capacidad (miles US\$/MW)	Duración (años)	Factor de anualidad (tasa de descuento de 12%)	Anualidad (miles US\$/MW-año)	Costo fijo de O y M (porcentaje del costo de inversión)	Costo de O y M anual (miles US\$/año)	Costo fijo anual (miles US\$/MW-año)
	CP	T	$A = \frac{r}{1 - \frac{1}{(1+r)^T}}$	$A \times CP$	α	αCP	$(A+\alpha) CP$
	(1)	(2)	(3)	(4)=(1)x(3)	(5)	(6)=(1)x(5)	(7)=(4)+(6)
Diésel	350	25	0,127	44,62	3%	10,50	55,12
Gas natural a ciclo simple	400	25	0,127	51,00	3%	12,00	63,00
Gas natural a ciclo combinado	550	25	0,127	70,12	3%	16,50	86,62
Hidráulica	1.250	40	0,121	151,63	2%	25,00	176,63

TABLA 7: COSTO VARIABLE UNITARIO DE GENERACION ELECTRICA POR TIPO DE CENTRAL

Tipo de central	Costo unitario (US\$/combustible)*	Consumo específico por MWh**	Costo variable combustible (US\$/MWh)	Costo variable no combustible (US\$/MWh)	Costo variable (US\$/MWh)
Diésel	337,18	0,2	67,4	7,0	74,4
Gas natural a ciclo simple (MMBTU)	1,81	9,5	17,2	1,0	18,2
Gas natural a ciclo combinado (MMBTU)	1,81	6,0	10,9	1,0	11,9
Hidráulica	0,2	0,3	0,066	0,8	0,9

4.5. Costo de implementación de un Reactor de Fusión y principales materiales primarios

La cantidad de energía de fusión que un sistema magnético toroidal “tokamak” es capaz de producir está directamente relacionada con el número de reacciones de fusión que se produzcan en su núcleo. Los científicos saben que cuanto mayor sea el reactor, mayor será el volumen del plasma y, por tanto, mayor será el potencial de energía de fusión. Con diez veces el volumen de plasma de la mayor máquina en operación actualmente, el Tokamak del ITER será una herramienta experimental única, capaz de obtener plasmas de mayor duración con un mejor confinamiento. Sabemos que al interior del Reactor se desarrollara la separación de moléculas del agua pesada, a través de la electrolisis, para producir Deuterio, al igual de la producción del tritio, los cuales a través, de la producción del neutrón liberado en la fusión, se volverá a usar el litio para poder generar más de este combustible.

El conocimiento y la experiencia adquiridos durante la exploración de los plasmas calientes del ITER se usarán para concebir la máquina que explorará la operación en continuo o casi continuo (estado estacionario) y probarán la producción a gran escala de electricidad y la autosuficiencia del combustible de tritio. El término DEMO describe más una fase que una máquina en particular, el cual se prevé que la construcción comience en la década de 2030, y la operación en la de 2040.

DEMO es la máquina que abordará las cuestiones tecnológicas para llevar la energía de fusión a la red eléctrica, el cual producirá aproximadamente 2000 MW de potencia, lo cual para su implementación, se calcula un aproximado de 140 mil dólares por MW instalado. Al igual del consumo de su material de fusión, que serán el agua pesada y el litio, los cuales en Perú se tiene como datos el precio de agua mar a 1 dólar por metro cubico y el precio del litio como 16 mil dólares la tonelada.

4.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Pasos que implica la etapa de recolección de datos en la tesis universitaria:

- La recolección de datos se realizara por medios de publicaciones del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) con respecto a la proyección de la oferta y la demanda de la energía eléctrica peruana, además, se tomara en cuenta con la proyección ejecutada por el COES – SINAC.
- Recolección de datos sobre energía nuclear de fusión por medio de publicaciones de revistas, páginas y otras investigaciones acerca de los avances.

4.7. Procedimiento de recolección de datos

Se procedió de la siguiente manera:

TABLA 8: PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION DE DATOS

1	Determinación de variables: Demanda eléctrica del Sistema Eléctrico Peruano, Consumo de combustible líquido y gas natural, Avance de la Fusión nuclear, Impacto ambiental de diferentes tipos de tecnologías de centrales
2	Determinación de fuentes: informes anuales del COES, informes estadísticos del NUMES, proyección del consumo y producción de los hidrocarburos por BMI, avances de estudios de fusión nuclear por distintas revistas, páginas webs y videos relacionados con este tema.
3	Localización de las fuentes: Páginas web del COES, página web del NUMES, páginas webs de BMI, video de Steven Cowley sobre avances de energía nuclear de fusión.

4	Determinación del método de recolección de datos: Recolección de datos reales citando cada una de las fuentes.
5	Determinación de la escala de las fuentes: Todas las fuentes emiten un resultado confiable mediante datos verdaderos de consumo de energía y producción de la misma.

4.8. Procesamiento estadístico y análisis de datos

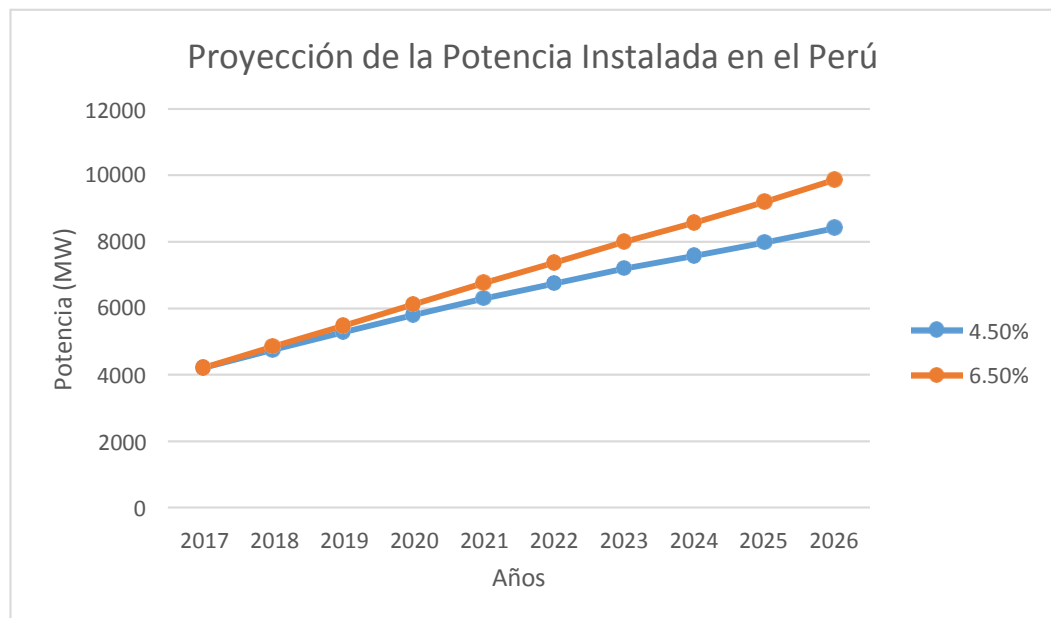
Se obtuvo la información a través de los datos emitidos por las fuentes ya establecidas en nuestra población y muestra, las cuales a través de una estadística descriptiva, efectuamos un estudio de los posibles escenarios y proyectamos la participación de las mismas.

4.8.1. Proyección de la Potencia Instalada en el Perú

La proyección de la potencia instalada para satisfacer la demanda eléctrica se evaluara con respecto a las grandes centrales ya conectadas al SEIN junto con las centrales que entraran en funcionamiento según la tabla 4. Para esto colocaremos en 2 escenarios, donde se podrá observar el incremento de la potencia instalada en el Perú, en un escenario conservador del 4.5% y en un escenario optimista del 6.5% para poder entender la proyección a la cual el Perú está apuntando a instalar para poder satisfacer la demanda energética peruana, no se debe dejar de señalar que cada escenario propuesto se hace en una proyección como se ha mencionado en base a la proyección del PBI nacional. Como sabemos las centrales hidroeléctricas tienen un potencia instalada de 1935.86 MW, las centrales termoeléctricas tienen 2012.3 MW, las centrales o parques eólicos tienen 97.15 MW, las centrales solares tienen 144.48 MW y por

ultimo las centrales termoeléctricas de biomasa tienen 24.91 MW de potencia instalada. Para calcular el nivel de incremento de centrales que deberán conectarse al SEIN, tomamos los datos de las centrales como nuevos proyectos más una participación activa del PBI en ambos escenarios, tanto conservador como optimista, tenemos:

FIGURA 23: PROYECCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA EN EL PERÚ AÑO 2018-2026

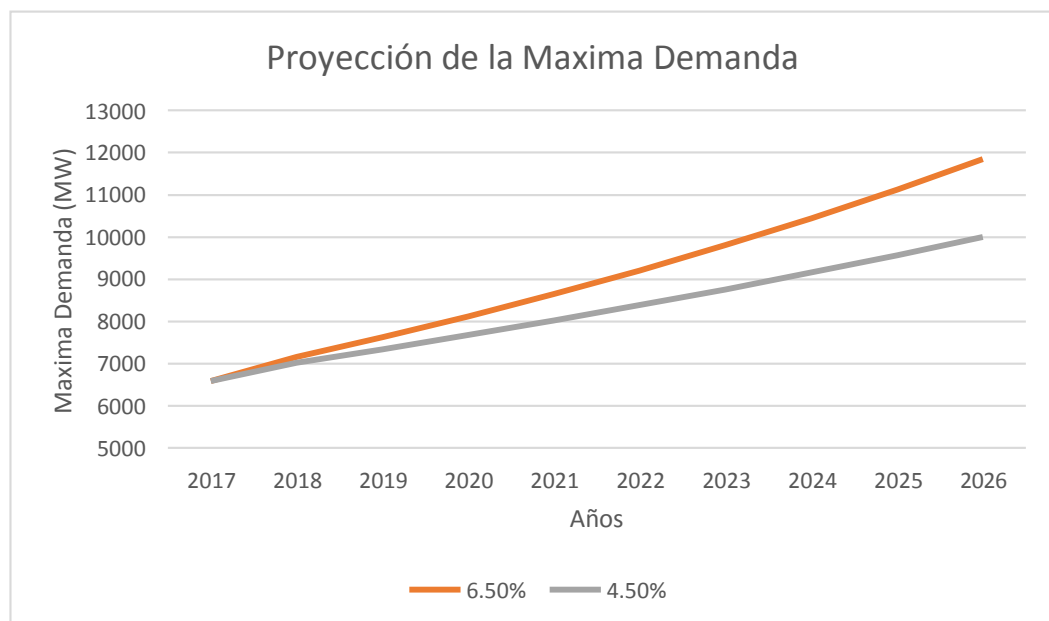


Según el grafico anterior se observa que la proyección de la Potencia instalada en el año 2026 en un escenario conservador seria de 8414.4 MW, y en un escenario optimista la proyección que tendríamos seria de 9870.9 MW. Para conocer qué tipo de tecnología según esta proyección aumentaría en su participación con el propósito de suplir la demanda energética en estos futuros años, se deberá calcular la proyección de la máxima demanda del sistema eléctrico nacional con el fin de proyectar la participación anual de cada tipo de central hasta el último año proyectado. Para realizar esta proyección es necesario conocer el dato actual de como

participa de cada tipo de tecnología para cubrir la máxima demanda hasta el año 2017, para esto se conoce el dato real que fue emitido por el COES del histórico de la máxima demanda del año 2017, tenemos que esta fue de 6595.6 MW los cuales fueron producidos por todas las centrales que se encuentran actualmente en operación, de los cuales 4138.2 MW fue la participación de las centrales hidroeléctricas, 2193.9 MW fue la participación de las centrales termoeléctricas y el resto fue la participación de las centrales renovables.

Con este dato se procedió a realizar la proyección en cada uno de los escenarios mencionados, dando como resultado las curvas mostradas en la figura 8.

FIGURA 24: PROYECCIÓN DE LA MÁXIMA DEMANDA



Se concluye que las centrales termoeléctricas tienen una participación del 33.26%, las cuales consumen ciertas cantidades de combustible líquido al igual que gas en su operación. Según el informe emitido por COES, la

cantidad de combustible líquido para satisfacer esta demanda fue de 260.1 miles de metros cúbicos y de gas natural fue de 3811.6 millones de metros cúbicos en el año 2017.

Según BMI Research la proyección del consumo de combustible líquido y gas crecerá en los próximos años es por eso que se proyectara el consumo en los dos escenarios propuestos, las cuales están representadas en las siguientes imágenes.

FIGURA 25: PROYECCION DE LA PRODUCCION DEL COMBUSTIBLE LÍQUIDO

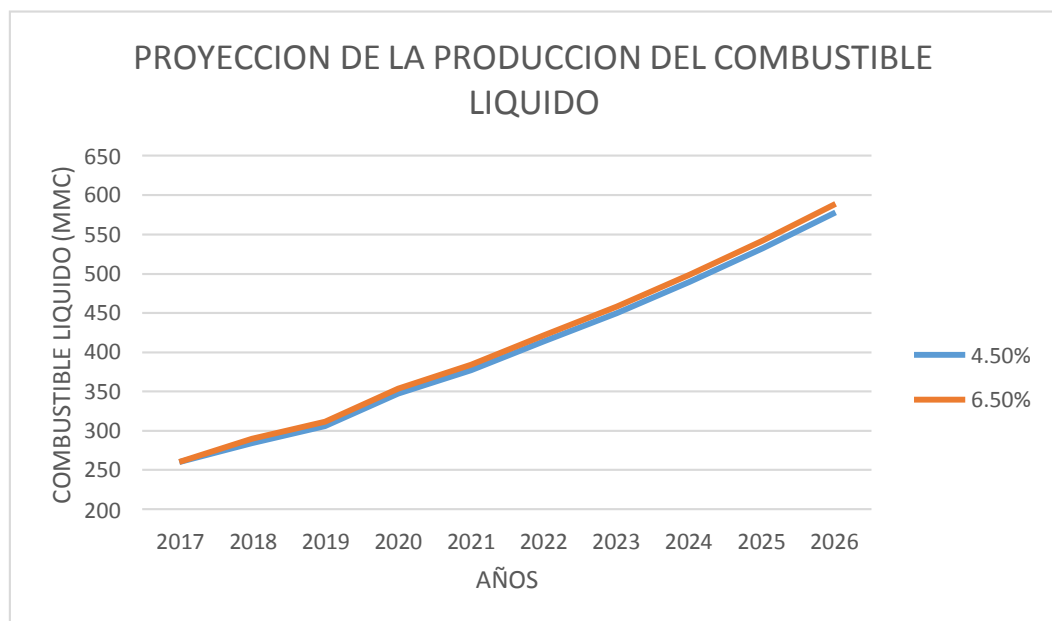
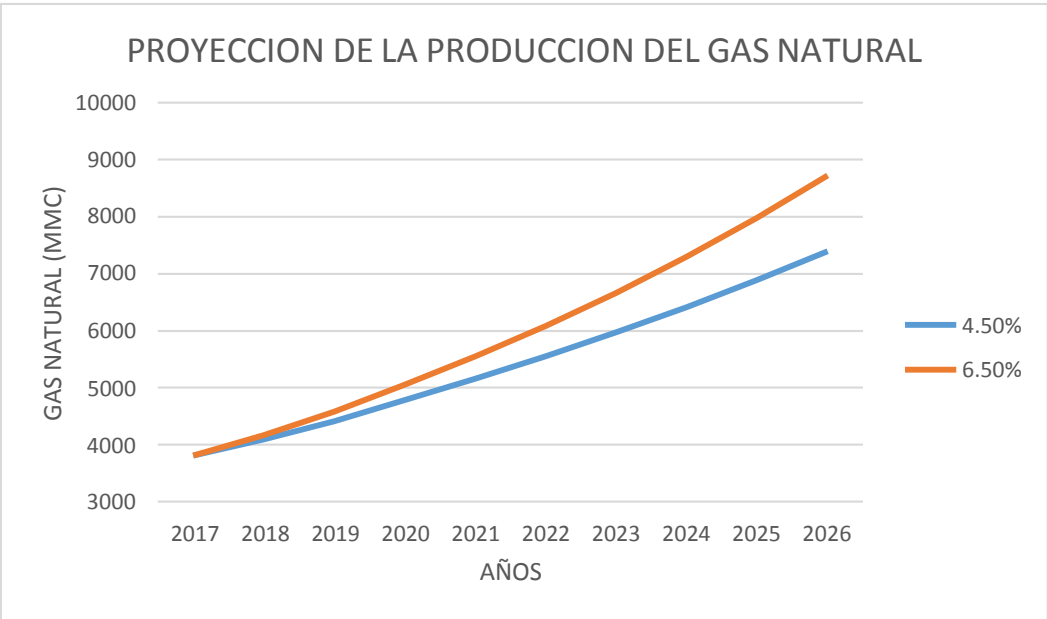
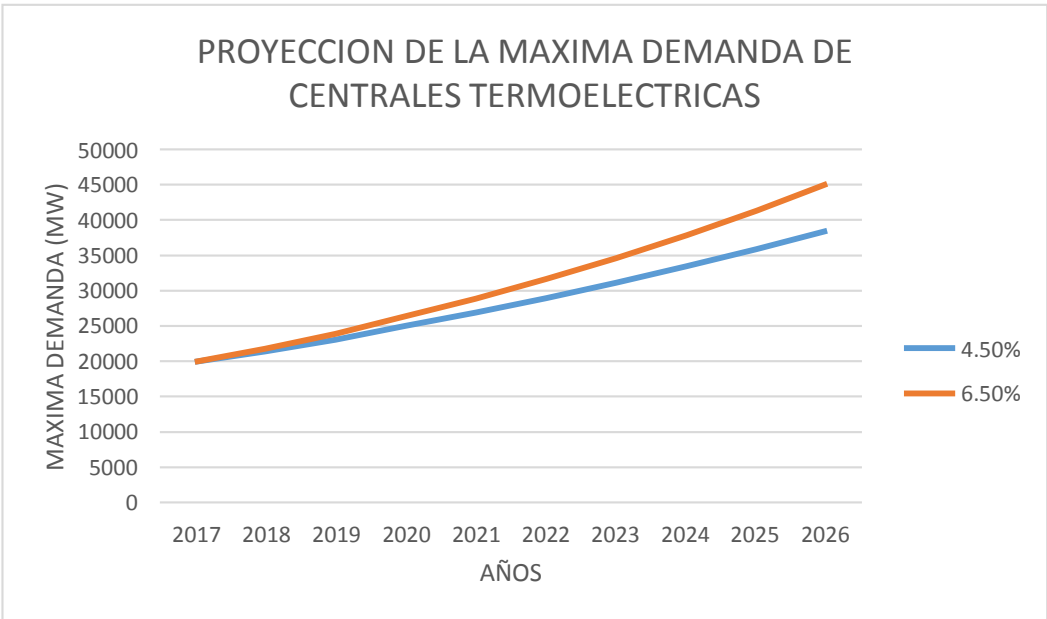


FIGURA 26: PROYECCION DE LA PRODUCCION DEL GAS NATURAL



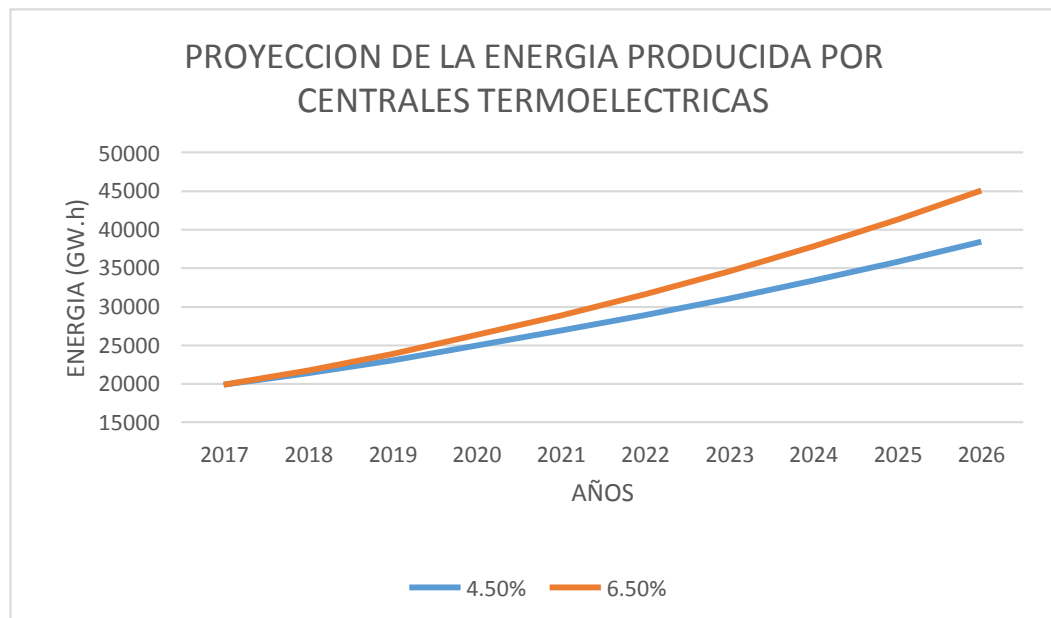
Superponiendo estas dos tablas anteriores Figura 9 y la Figura 10 se puede lograr la proyección de la demanda de las centrales termoeléctricas en la figura 11.

FIGURA 27: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA DE CENTRALES TERMOELECTRICAS



De igual forma se puede calcular la proyección de cantidad de energía que produciría las centrales termoeléctricas en ambos escenarios, un escenario reservado y un escenario optimista, según dato del COES tenemos que la cantidad de energía producida por las centrales termoeléctricas fue de 19898.4 GWh., entonces basándose en este dato tendremos la siguiente proyección.

FIGURA 28: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS



Después de haber calculado las proyección de la máxima demanda por centrales termoeléctricas en base a la proyección de consumo de combustibles y la proyección de la máxima demanda de la matriz energética basándose en los datos obtenidos del COES, podemos calcular de la misma forma, la proyección de la demanda de los distintos tipos de tecnologías de centrales que participan en la matriz energética peruana, colocando a todas en ambos escenarios que estamos evaluando, tanto conservador (4.5%) como optimista (6.5%).

FIGURA 29: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 4.5

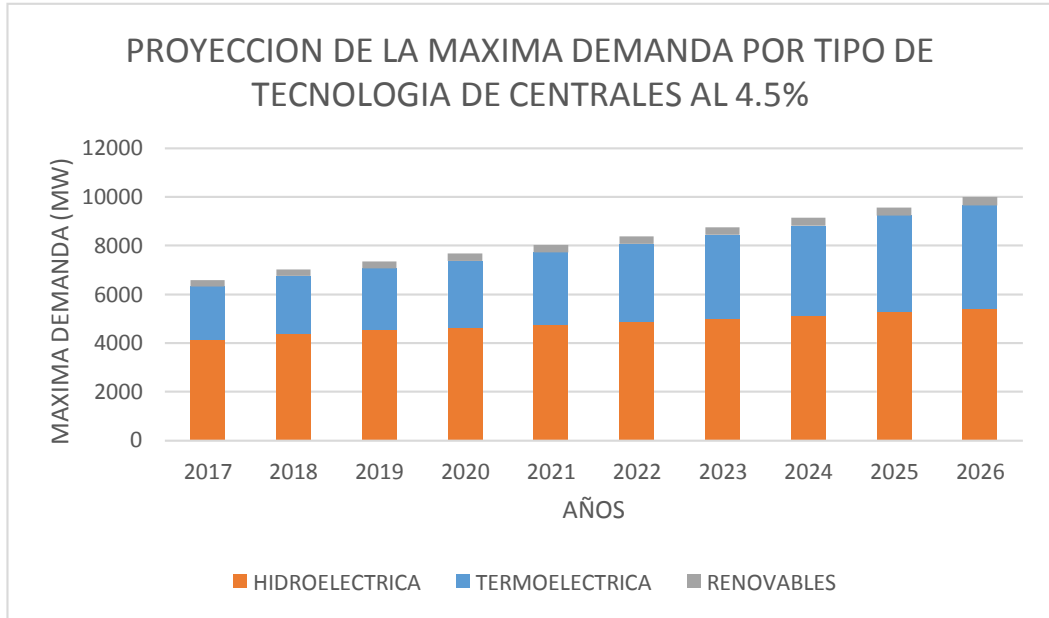
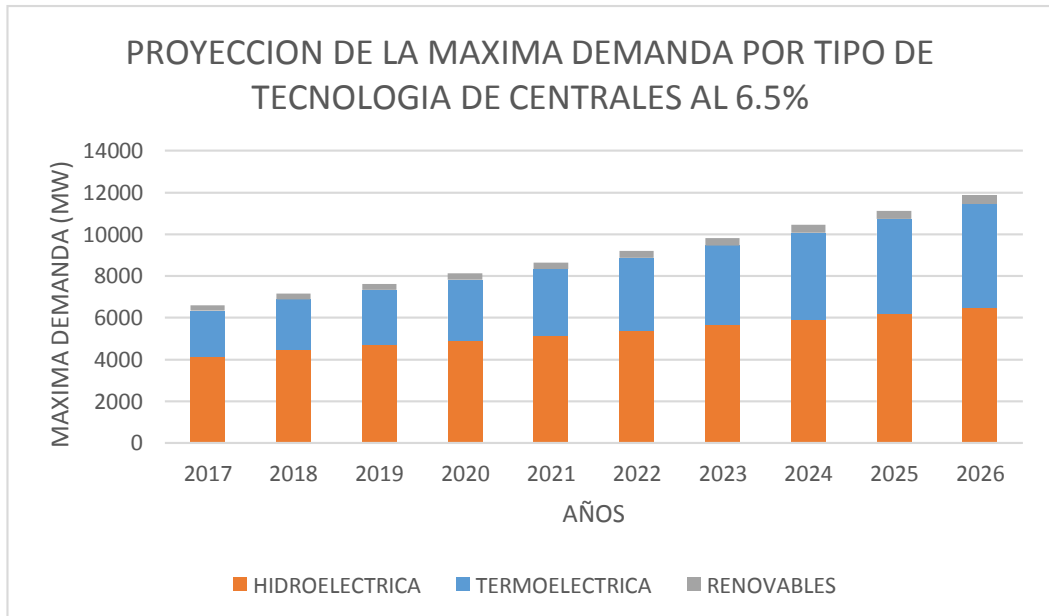
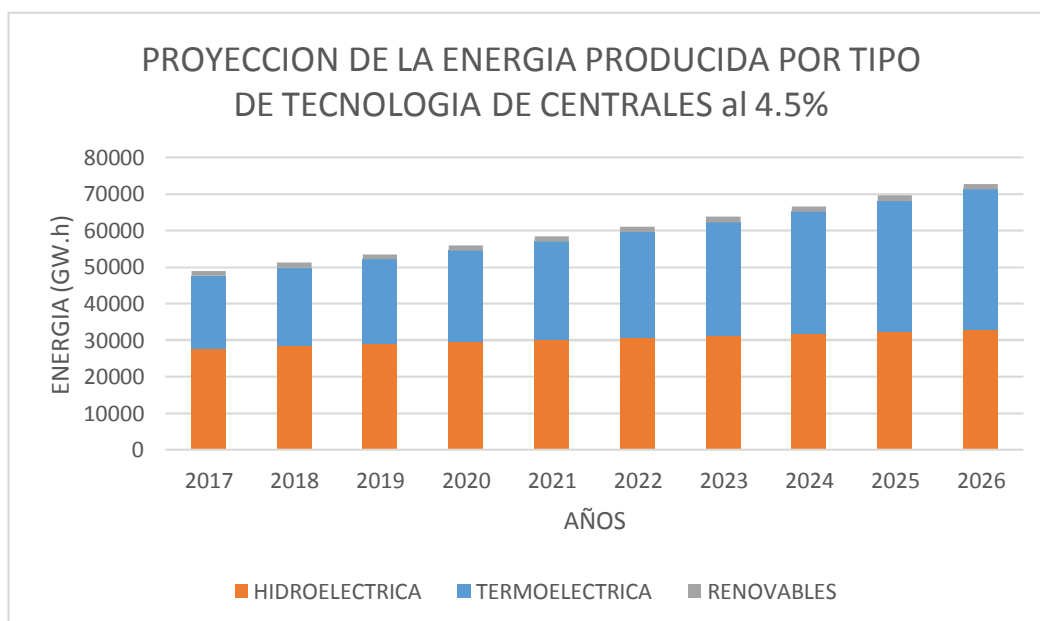


FIGURA 30: PROYECCION DE LA MAXIMA DEMANDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 6.5%



Se partirá que en el año 2017 hubo una producción de energía total determinada por el COES de 48993.3 GW.h, en la cual las centrales termoeléctricas tuvieron una participación en la producción de energía de 19898.4 GW.h., si proyectamos este valor en los escenarios propuestos en el espacio de tiempo 2018 - 2026, se obtiene que la cantidad de energía producida por las centrales termoeléctricas en un escenario conservador será de 38486.24 GW.h y en un escenario optimista será de 45134.1 GW.h. como se puede observar en los gráficos

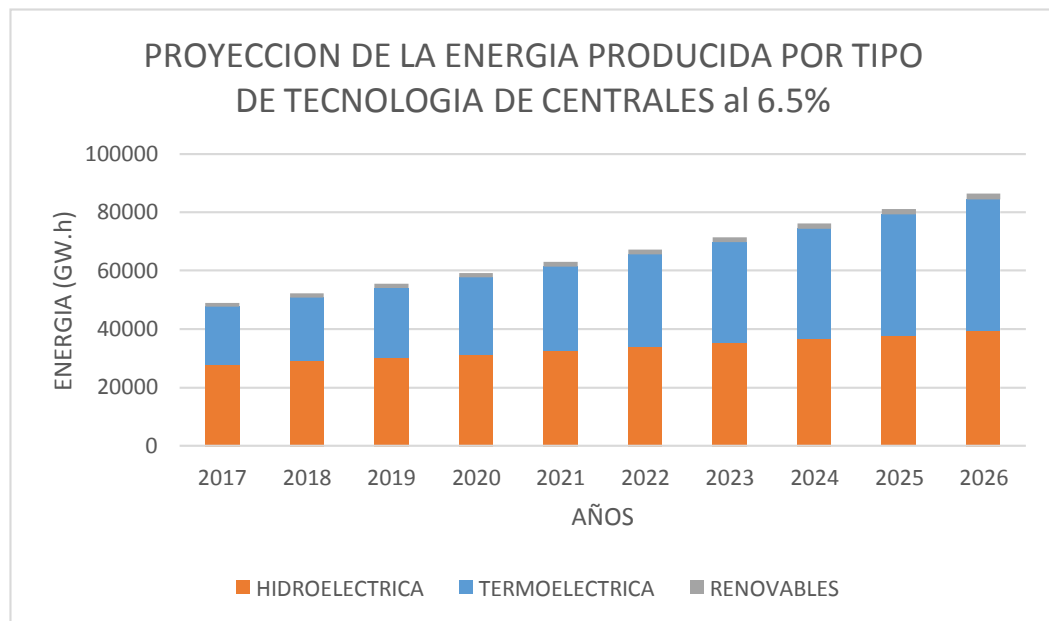
FIGURA 31: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 4.5%



Se observa que se duplicara la producción de energía de centrales termoeléctricas que usen la fusión nuclear en un escenario conservador , lo cual es un gran indicador que podremos solventar más del 50% de nuestra matriz en base a esta nueva tecnología quitando de esta manera la idea de que somos totalmente dependientes de las tecnologías que usan combustibles fósiles como materia principal en la producción de energía,

es decir se puede realizar un cambio radical en la forma de ver el futuro con esta gran alternativa.

FIGURA 32: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE TECNOLOGIA DE CENTRALES AL 6.5%



Con el propósito de convertir nuestra matriz energética nacional actual en una matriz que sea sustentable y renovable, de igual manera que pueda satisfacer la proyección de la demanda energética, debemos enfocar la mirada al tipo de tecnología que según los planes actuales del MINEM es la solución que satisficará la proyección de demanda energética, estamos hablando de la centrales termoeléctricas o también llamadas centrales de ciclo combinado que usan combustibles fósiles con el propósito de generar energía eléctrica, en los capítulos anteriores se ha mencionado cuales son las desventajas y los impactos que tiene el uso de estos combustibles, es por eso que el presente estudio presenta como alternativa de solución para suplir cualquier proyección de la demanda energética de nuestro país el uso de la energía por fusión como medio para generar energía eléctrica,

con el fin de revolucionar la matriz, planteado que esta nueva matriz tenga como base centrales que utilicen energías renovable, y de esta manera librarnos de la fuerte dependencia que se tiene actualmente por este tipo de combustibles, y más aún evitar que futuras generaciones repitan los mismos errores que se cometen actualmente. Después de que se analicen los anteriores gráficos se puede observar todos los impactos ambientales que podríamos suprimir, si en vez de usar los combustibles fósiles en producción de energía y se usa la fusión nuclear como principal combustible, se reduciría drásticamente el uso del petróleo, del gas, los cuales pueden ser utilizados en otras áreas tanto en transporte y/o uso doméstico, pero el mayor premio es desprender a la economía nacional tanto como mundial de la dependencia de estos productos, realmente en este contexto estaríamos en camino de un futuro sostenible.

Con el fin de comprender los impactos ambientales que se pueden evitar, se describirá y mencionara los impactos reales y actuales a los cuales está sometido todo ecosistema que tiene como un agente de influencia directa o indirecta a una Central Eléctrica sea cual sea el tipo de tecnología que usa en su operación.

CAPITULO 5

RESULTADOS

5.1. Resultados de la producción de energía eléctrica proyectada

Las centrales termoeléctricas aumentaran su producción de energía hasta el año 2026 de manera exponencial, lo cual derivara en acercarse a una crisis en el consumo de combustible líquido y gas natural. La matriz energética nacional dependerá mucho de este tipo de centrales termoeléctricas, y provocara una disminución de la participación de estos hidrocarburos en diferentes sectores tanto como transporte, industrias y consumo doméstico, con el fin de garantizar la estabilidad del sistema eléctrico peruano o puede aumentar la importación de petróleo con el propósito de aumentar nuestras reservas y de igual manera disminuir nuestra exportación de gas natural.

La energía por Fusión que podrá evitar llegar hasta este escenario proyectado, para lo cual este tipo de tecnología, debería ingresar a la matriz energética con cierto porcentaje de participación en el año 2018, llegando al año 2026 con el objetivo de des empoderar a las centrales termoeléctricas de su participación actual en la producción de energía con el fin de poder garantizar la estabilidad en los sectores antes mencionados en los años venideros.

Se propone que se inicie la inclusión de este tipo de centrales de Fusión supliendo el 15% de la producción de energía que generan las centrales termoeléctricas aumentando esta de manera exponencial hasta cubrir el 100% en el mejor escenario, debido que la propuesta realizada en este estudio es utilizar la energía de Fusión como alternativa sustentable a la realidad de nuestra matriz energética nacional en cualquiera de los escenarios que se proponen, lo que se busca con esta

propuesta es desligarse de que la única alternativa para suplir aumentos exponenciales de demanda energética es utilizar combustibles fósiles como fuentes de energía.

FIGURA 33: PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE CENTRALES AL 4.5%

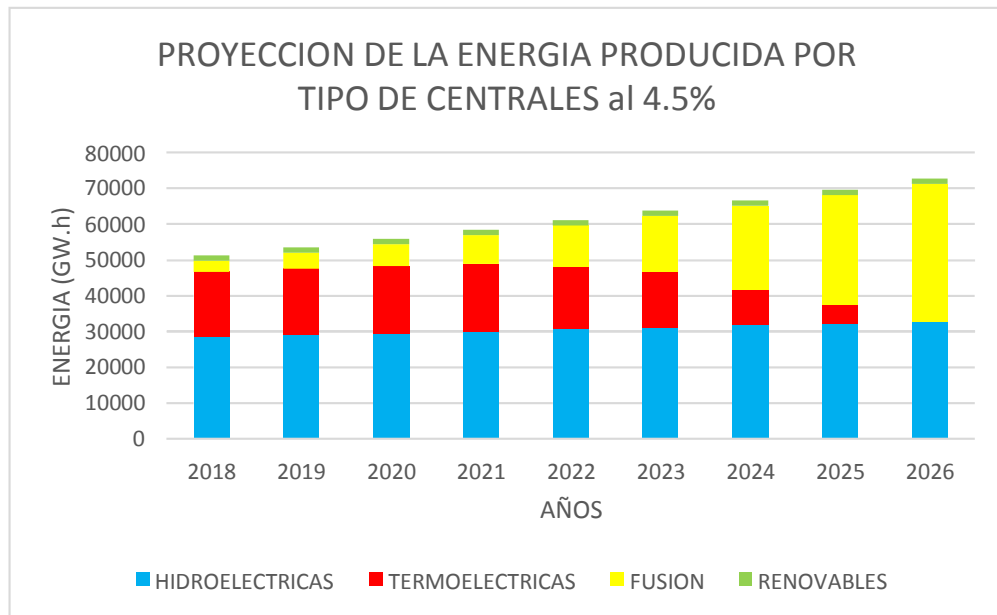
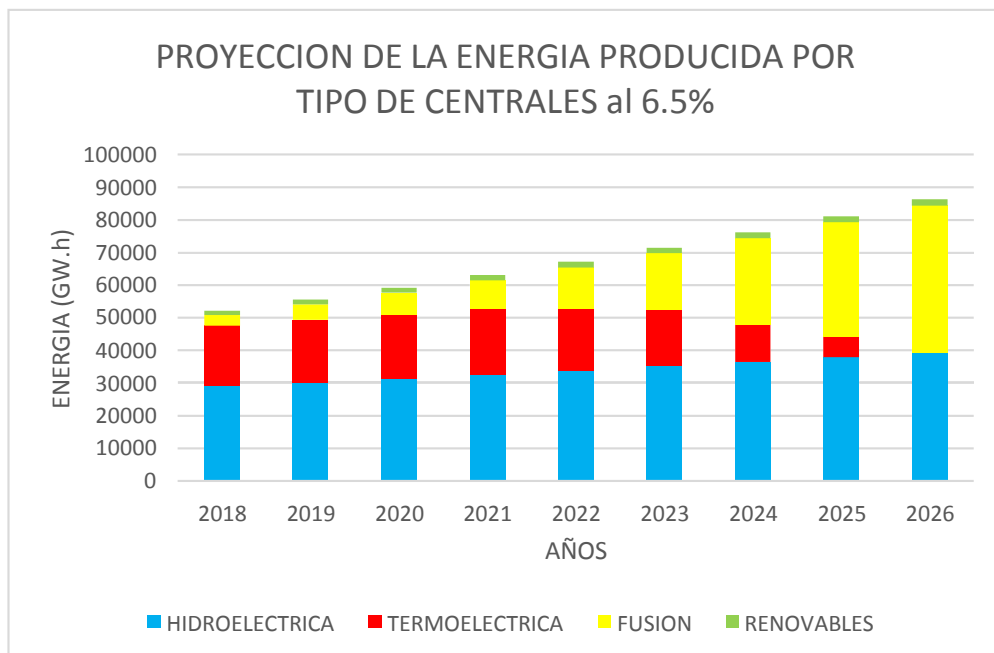
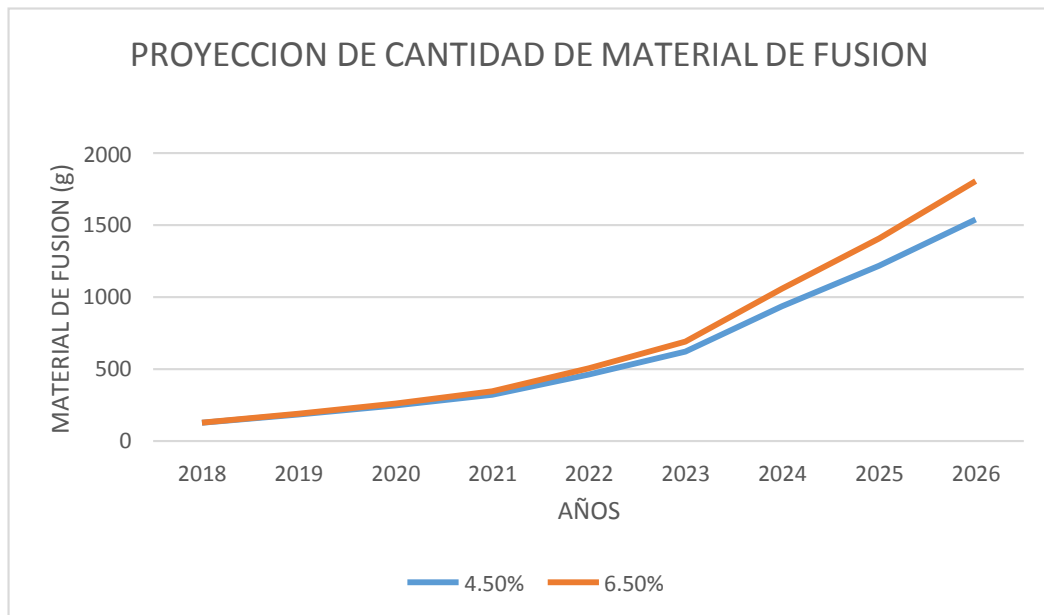


FIGURA 34 PROYECCION DE LA ENERGIA PRODUCIDA POR TIPO DE CENTRALES AL 6.5%



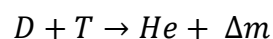
Observamos claramente que para el año 2026 la fusión será el mayor aportador de energía para la matriz energética peruana, con nuestros cálculos, para obtener este tipo de energía, necesitaremos material de fusión que se muestra en el siguiente cuadro.

FIGURA 35 PROYECCION DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION



5.2. Resultados de la cantidad de masa de fusión

Como sabemos, el material de fusión es el diferencial de masa que se transformara en energía, la cual es la solución sustentable para satisfacer la demanda a proyectarse en el escenario conservador y otro optimista. Ese diferencial de masa es resultado de fusionar los átomos de deuterio con los de tritio, dando como resultado Helio como en la siguiente ecuación:



Para determinar la cantidad de deuterio y tritio que se usara para producir la energía determinada en nuestras proyecciones, hacemos cálculo

conociendo las masas atómicas de estos tres elementos. A su vez, conoceremos la cantidad de Helio resultante en el proceso de la fusión expresados en gramos.

FIGURA 36: CANTIDAD DE MASA EN EL PROCESO DE FUSION EN UNA PROYECCION AL 4.5%

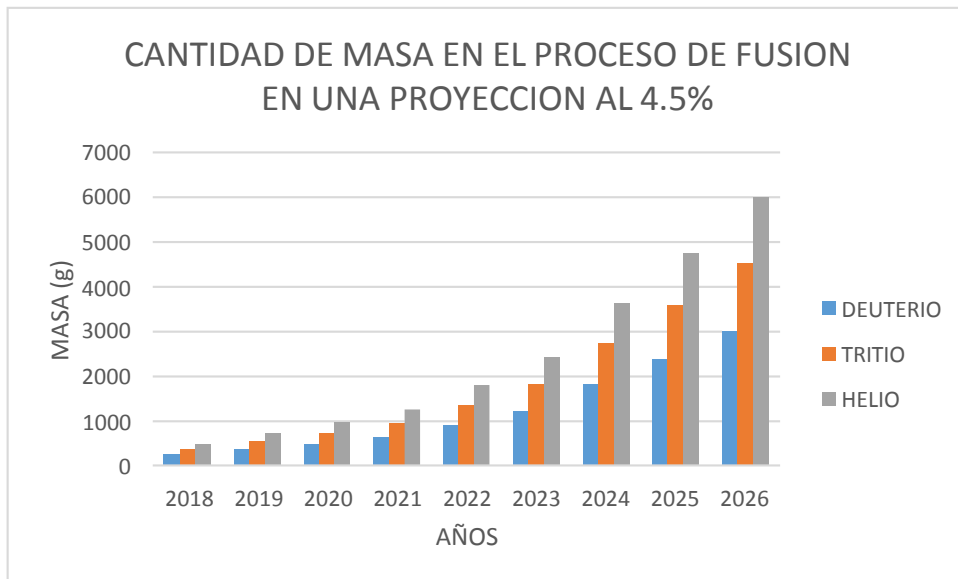
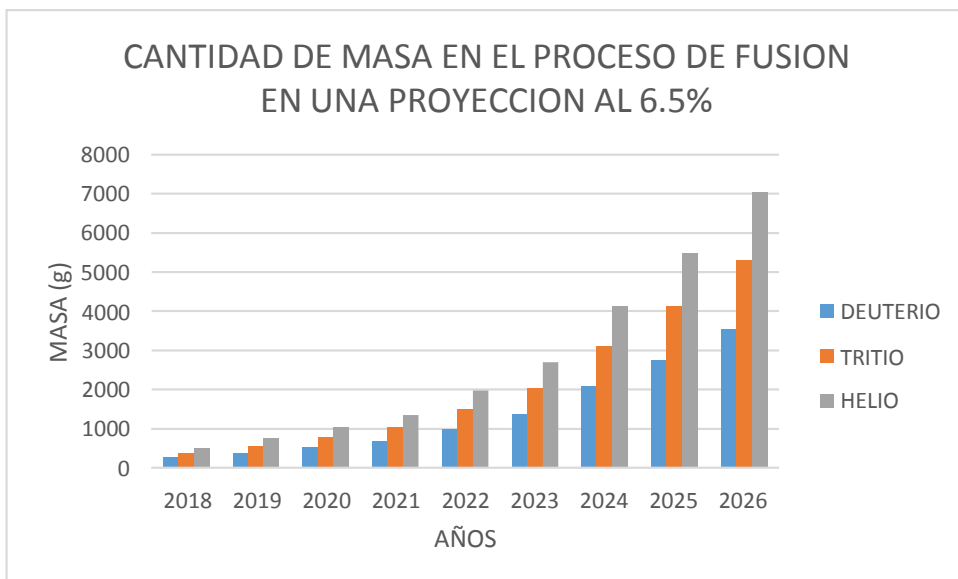


FIGURA 37: CANTIDAD DE MASA EN EL PROCESO DE FUSION EN UNA PROYECCION AL 6.5%



5.3. Resultados de la inversión de las centrales termoeléctricas en el periodo 2018 a 2026

TABLA 9: TABLA DEL COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE LIQUIDO, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO VARIABLE DEL DIESEL: (74.4 US\$/MW.h)		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	69.79	71.09
2019	75.24	78
2020	81.69	86.17
2021	87.91	94.39
2022	94.58	103.35
2023	101.66	113.07
2024	109.23	123.65
2025	117.26	135.1
2026	125.78	147.51

TABLA 10: TABLA DEL COSTO TOTAL DEL CONSUMO DE GAS NATURAL, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO VARIABLE DEL GAS NATURAL: (11.9 US\$/MW.h)		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	233.42	237.77
2019	251.63	260.87
2020	273.19	288.2
2021	294.02	315.69
2022	316.32	345.67
2023	340.01	378.17
2024	365.31	413.54
2025	392.17	451.85
2026	420.68	493.34

TABLA 11: TABLA DE COSTO TOTAL DE IMPACTO AMBIENTAL AL PRODUCIR ENERGIA, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO VARIABLE DE IMPACTO AMBIENTAL POR TIPO DE TECNOLOGIA:		
- DIESEL: 9.11 US\$/MW.h - CICLO COMBINADO: 7.87 US\$/MW.h		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	162.92	165.95
2019	175.63	182.08
2020	190.68	201.15
2021	205.21	220.34
2022	220.78	241.26
2023	237.31	263.95
2024	254.97	288.63
2025	273.72	315.37
2026	293.61	344.33

TABLA 12: TABLA DE COSTO TOTAL DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS INSTALADAS, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO FIJO POR TIPO DE CENTRAL POR POTENCIA INSTALADA:		
- DIESEL: 55.12 US\$/MW - CICLO COMBINADO: 86.62 US\$/MW		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	0.2	0.2
2019	0.22	0.23
2020	0.26	0.27
2021	0.28	0.3
2022	0.31	0.34
2023	0.34	0.38
2024	0.37	0.42
2025	0.4	0.46
2026	0.43	0.5

TABLA 13: COSTO TOTAL DE INSTALACION DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO TOTAL DE CENTRALES TERMoeLECTRICAS (COSTOS FIJOS + COSTOS VARIABLES)		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	466.33	475.01
2019	502.72	521.18
2020	545.82	575.79
2021	587.42	630.72
2022	631.99	690.62
2023	679.32	755.57
2024	729.88	826.24
2025	783.55	902.78
2026	840.5	985.68

5.4. Resultado de la inversión de Centrales de fusión nuclear

TABLA 14: COSTO VARIABLE DEL CONSUMO DE AGUA PESA, EN DOLARES

COSTO VARIABLE DE CONSUMO DE AGUA PESADA: 1 US\$/M3		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	15.08	15.36
2019	21.67	22.46
2020	29.41	31.02
2021	37.98	40.77
2022	54.47	59.53
2023	73.19	81.4
2024	110.09	124.62
2025	143.5	165.34
2026	181.1	212.38

TABLA 15: COSTO VARIABLE DEL CONSUMO DE LITIO, EN DOLARES

COSTO VARIABLE DE CONSUMO DE LITIO: 16 500 US\$/TON <=> 0.0165 US\$/gr		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	24.77	25.23
2019	35.6	36.91
2020	48.31	50.96
2021	62.39	66.99
2022	89.49	97.8
2023	120.25	133.74
2024	180.87	204.74
2025	235.77	271.65
2026	297.54	348.93

Como lo mencionamos anteriormente, el agua pesada o agua de mar se realiza un proceso para obtener Deuterio, lo cual nos queda como único combustible el agua pesada. Al igual del Tritio, se obtiene a partir de bombardeos con neutrones al Litio, el cual será nuestro combustible primario. Entonces, el proceso de obtención de Deuterio y Tritio está incluido en el precio de Instalación de una Central de Fusión. Lo cual lo expresaremos en la siguiente tabla:

TABLA 16: COSTO FIJO DE INSTALACION POR CENTRALES DE FUSION, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO FIJO DE CENTRALES NUCLEARES DE FUSION: 140 000 US\$/MW		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	49.07	49.98
2019	74.91	77.57
2020	106.81	112.35
2021	143.14	152.96
2022	210.64	228.7
2023	288.77	318.56
2024	437.67	491.05
2025	575.72	656.75
2026	732.01	849.09

TABLA 17: COSTO TOTAL DE INSTALACION DE CENTRALES NUCLEARES DE FUSION, EN MILLONES DE DOLARES

COSTO TOTAL DE CENTRALES NUCLEARES DE FUSION (COSTOS FIJOS + COSTOS VARIABLES)		
PERIODO	ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	49.0701	49.9801
2019	74.9101	77.5701
2020	106.8101	112.3501
2021	143.1402	152.9602
2022	210.6402	228.7002
2023	288.7702	318.5603
2024	437.6703	491.0504
2025	575.7204	656.7505
2026	732.0105	849.0906

CAPITULO 6

DISCUSION DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de hipótesis con los resultados

- Para poder asegurar la factibilidad de nuestros resultados, es necesario saber si podemos dar solución a nuestras hipótesis, ahora citaremos la hipótesis principal:

“Si realizo un análisis teórico de energía nuclear de fusión entonces comprobaremos la factibilidad en satisfacer la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú”.

Tenemos claro que realizando un análisis teórico y proyectando las diversas producciones de energía y a su vez la elevada participación en la demanda de las centrales termoeléctricas, tendremos como resultado un elevado consumo de combustible líquido y gas natural en la proyección 2018-2026, en dos escenarios diferentes. Entonces al incluir la energía de fusión como solución sustentable, en un porcentaje menor los primeros años y así hasta reemplazar las centrales termoeléctricas en el año final de la proyección. Contamos a su vez, la gran cantidad que disminuirémos de contaminación debida a que la fusión no genera ningún tipo de impacto ambiental.

- En el siguiente apartado realizaremos el análisis de las proyecciones realizadas con el propósito de responder las hipótesis planteadas en este estudio. Citaremos la primera hipótesis planteada:

“La cantidad de energía generada por el reactor por fusión podrá satisfacer con la proyección de la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú”.

Como hace referencia la hipótesis citada, se debe en primer lugar conocer la proyección de la producción de la energía eléctrica en el Perú entre los años 2018 -2026, de esta forma podremos tener un número total de GW.h, lo cual será servirá como indicador al momento de compararlo con la energía que se produce en una fusión nuclear.

Como se puede observar en las Figuras 31 y 32, la proyección de la producción de energía en escenarios donde el PBI alcanza un 4.5% de crecimiento lo cual se ha denominado escenario conservador y otro donde el PBI alcanza el 6.5% al cual se ha denominado escenario optimista, tenemos como resultado la siguiente tabla:

TABLA 18: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PROYECCION 2018-2026 EN AMBOS ESCENARIOS

AÑOS	PROYECCION DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	PROYECCION DE PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	51198 GW.h	52177.87 GW.h
2019	53501.91 GW.h	55569.44 GW.h
2020	55909.5 GW.h	59181.46 GW.h
2021	58425.43 GW.h	63028.26 GW.h
2022	61054.58 GW.h	67125.1 GW.h
2023	63802.04 GW.h	71488.24 GW.h
2024	66673.14 GW.h	76134.98 GW.h
2025	69673.44 GW.h	81083.76 GW.h
2026	72808.75 GW.h	86354.21 GW.h

El presente estudio está enfocado en eliminar la dependencia al consumo de combustibles fósiles con la finalidad de producir energía eléctrica, debido a que esto la participación de la energía de fusión será abarcar la producción de las energías no renovables es decir de las centrales termoeléctricas que utilicen petróleo gas y/u otro combustible fósil para su operación, es porque se realizó la proyección de la energía producida por este tipo de centrales eléctricas en el periodo de 2018 – 2026.

La siguiente tabla nos muestra la proyección de la producción de energía eléctrica por parte de las centrales termoeléctricas en ambos escenarios ya mencionados, datos extraídos de la Figura 28.

TABLA 19: PROYECCION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA PRODUCIDA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS EN AMBOS ESCENARIOS

AÑOS	PROYECCION DE PRODUCCION DE ENERGIA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	PROYECCION DE PRODUCCION DE ENERGIA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	21354.66 GW.h	21752.65 GW.h
2019	23020.89 GW.h	23866.16 GW.h
2020	24993.22 GW.h	26366.13 GW.h
2021	26898.86 GW.h	28881.6 GW.h
2022	28938.81 GW.h	31623.96 GW.h
2023	31106.4 GW.h	34597.66 GW.h
2024	33420.79 GW.h	37833.32 GW.h
2025	35878.04 GW.h	41338.43 GW.h
2026	38486.25 GW.h	45134.1 GW.h

Como resaltamos en los resultados de nuestra investigación, no podremos reemplazar toda la energía eléctrica producida por las centrales termoeléctricas, pero en los 8 años de nuestra proyección si lo haremos posible, para no causar gran impacto en nuestro Sistema Eléctrico. De las Figuras 33 y 34 tenemos la siguiente tabla

en donde observaremos la sustitución de este tipo de tecnología por nuestra alternativa sustentable que es la energía de fusión.

TABLA 20: PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE ENERGIA DE CENTRALES TERMOELECTRICAS POR ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO CONSERVADOR

AÑOS	PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	PROYECCION DE LA INTEGRACION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)
2018	18151.46 GW.h	3203.2 GW.h
2019	18416.71 GW.h	4604.18 GW.h
2020	18744.91 GW.h	6248.31 GW.h
2021	18829.2 GW.h	8069.66 GW.h
2022	17363.28 GW.h	11575.53 GW.h
2023	15553.2 GW.h	15553.2 GW.h
2024	10026.23 GW.h	23394.56 GW.h
2025	5381.7 GW.h	30496.34 GW.h
2026	0 GW.h	38486.25 GW.h

TABLA 21: PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE ENERGIA DE CENTRALES TERMOELECTRICAS POR ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO OPTIMISTA

AÑOS	PROYECCION DE LA SUSTITUCION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA POR CENTRALES TERMOELECTRICAS EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)	PROYECCION DE LA INTEGRACION DE LA PRODUCCION DE ENERGIA DE FUSION EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	18489.75 GW.h	3262.9 GW.h
2019	19092.92 GW.h	4773.24 GW.h
2020	19774.59 GW.h	6591.54 GW.h
2021	20217.12 GW.h	8664.48 GW.h
2022	18974.37 GW.h	12649.59 GW.h
2023	17298.83 GW.h	17298.83 GW.h
2024	11349.99 GW.h	26483.33 GW.h
2025	6200.76 GW.h	35137.67 GW.h
2026	0 GW.h	45134.1 GW.h

Para poder cumplir esta capacidad de energía de que se deberá producir por centrales de fusión, se necesitará una cantidad de material de fusión tanto como Deuterio y Tritio. Estos datos lo extraeremos de las Figuras 36 y 37 en la siguiente tabla:

TABLA 22: TABLA DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION PARA SATISFACER LA PRODUCCION DE ENERGIA EN EL PERU EN AMBOS ESCENARIOS DE NUESTRA PROYECCION

AÑOS	PROYECCION DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)		PROYECCION DE CANTIDAD DE MATERIAL DE FUSION EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)	
	DEUTERIO	TRITIO	DEUTERIO	TRITIO
2018	251.209 gr	376.27 gr	255.894 gr	383.288 gr
2019	361.079 gr	540.838 gr	374.333 gr	560.69 gr
2020	490.026 gr	733.98 gr	516.945 gr	774.3 gr
2021	632.854 gr	947.913 gr	679.496 gr	1017.775 gr
2022	907.804 gr	1359.744 gr	992.03 gr	1485.902 gr
2023	1219.731 gr	1826.961 gr	1356.638 gr	2032.025 gr
2024	1834.684 gr	2748.062 gr	2076.913 gr	3110.881 gr
2025	2391.624 gr	3582.268 gr	2755.604 gr	4127.452 gr
2026	3018.203 gr	4520.783 gr	3539.558 gr	5301.689 gr

Para tener una idea de la cantidad que se gasta para satisfacer la producción de energía eléctrica por las centrales termoeléctricas en nuestras proyecciones, de las Figuras 25 y 26 lo resumimos en la siguiente tabla:

TABLA 23: PROYECCION DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO Y GAS NATURAL PARA SATISFACER EL SISTEMA ELECTRICO PERUANO EN AMBOS ESCENARIOS

AÑOS	PROYECCION DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE LIQUIDO EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	PROYECCION DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE LIQUIDO EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)	PROYECCION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL EN UN ESCENARIO CONSERVADOR (4.5%)	PROYECCION DEL CONSUMO DE GAS NATURAL EN UN ESCENARIO OPTIMISTA (6.5%)
2018	284.39 miles m3	289.6 miles m3	4091.26 millones m3	4167.49 millones m3
2019	305.94 miles m3	311.63 miles m3	4416.45 millones m3	4582.09 millones m3
2020	347.11 miles m3	353.23 miles m3	4791.85 millones m3	5063.21 millones m3
2021	377 miles m3	383.94 miles m3	5161.07 millones m3	5554.61 millones m3
2022	413.81 miles m3	421.35 miles m3	5553.6 millones m3	6088.17 millones m3
2023	450.02 miles m3	458.3 miles m3	5973.02 millones m3	6669.73 millones m3
2024	490.16 miles m3	499.16 miles m3	6420.38 millones m3	7302.67 millones m3
2025	532.97 miles m3	542.77 miles m3	6895.68 millones m3	7989.33 millones m3
2026	578.6 miles m3	589.26 miles m3	7400.52 millones m3	8734.02 millones m3

Como se observó la diferencia es notoria mientras que se necesita usar cantidades increíbles de combustibles fósiles para generar la energía necesaria para suplir la demanda energética en los años 2018 – 2026, si es comparado con tan solo unos pocos gramos de Deuterio y Tritio que se necesitan anualmente, la hipótesis es afirmada en su totalidad, debido a que por razones obvias si dejamos de utilizar tal cantidad de combustibles fósiles reduciremos en gran medida los gases de efecto invernaderos que se producen en base a estos , se aumentara la vida útil de los mismos debido a que los yacimientos se explotaran en menor dimensión y las reservas aumentarían, de igual manera estos pueden utilizados en otras áreas como transporte o uso doméstico.

- Como última solución a nuestra hipótesis, la cual citamos a continuación:

“Existirá impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión durante el proceso para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú”.

Si mencionamos al Tritio Y Deuterio estos elementos no producen gases de efecto invernadero es decir es el perfecto sustituto en todo sentido a los combustibles fósiles, son relativamente fáciles de conseguir y se encuentran en abundancia en el medio ambiente es decir no es necesario depredar ningún ecosistema debido a que uno se encuentra contenido en el agua salada del mar y el otro elemento se obtiene a través del Litio el cual es un elemento abundante en la corteza terrestre.

De esta manera el actual estudio satisfactoriamente afirma las dos hipótesis planteadas demostrando que la gran alternativa para cambiar radicalmente la matriz energética de nuestro país y el impacto ambiental sobre este mismo es utilizar la energía de fusión como fuente de energía sustentable y limpia a la vez.

- Como adición a nuestro estudio, tenemos un tabla de comparación de costos fijos y variables entre centrales termoeléctricas y centrales nucleares de fusión, lo cual lo resumiremos en la siguiente tabla comparativa:

FIGURA 38: COMPARATIVO DE COSTOS TOTAL DE INSTALACION POR TIPOS DE TECNOLOGIA DE CENTRALES EN UN ESCENARIO CONSERVADOR AL 4.5%

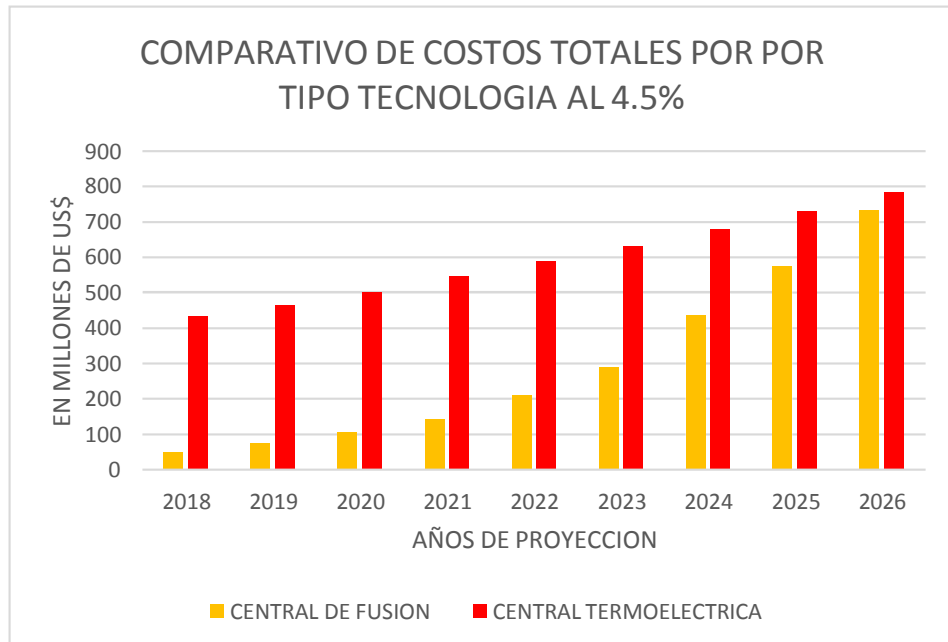
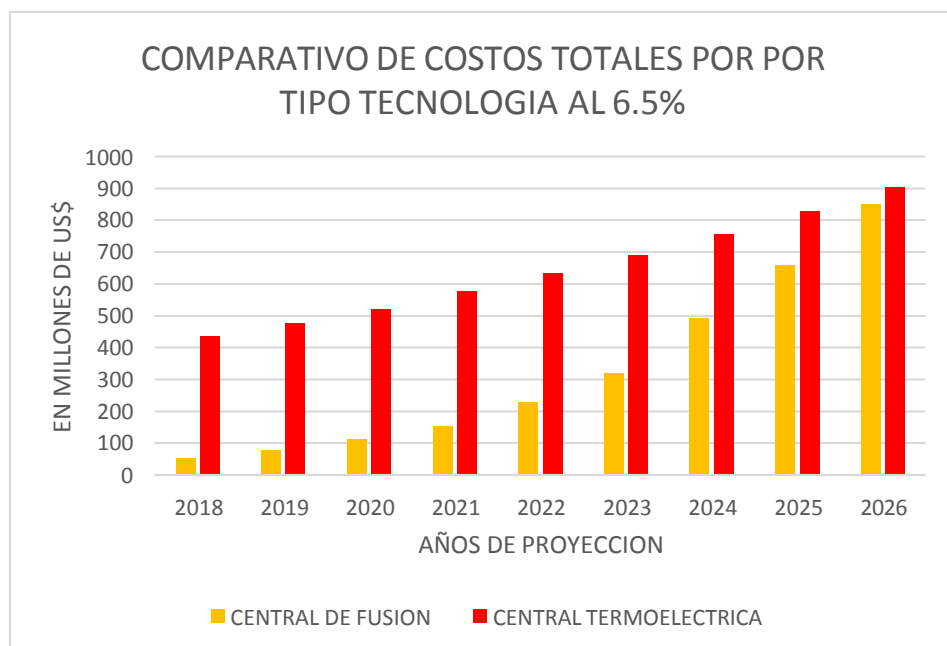


FIGURA 39: COMPARATIVO DE COSTOS TOTAL DE INSTALACION POR TIPOS DE TECNOLOGIA DE CENTRALES EN UN ESCENARIO OPTIMISTA AL 6.5%



Como observamos, tanto en la proyección conservadora como en la proyección optimista, en el año 2026, la inversión por centrales nucleares de fusión sería más rentable que las centrales termoeléctricas. A pesar de que el costo de instalación por MW instalado es 2 mil veces más elevado que una central termoeléctrica, los costos variables serán el punto de comparación, lo cual daría una ventaja clara para nuestra alternativa de centrales.

6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares

La determinación de usar energía nuclear como solución sustentable en el sistema eléctrico peruano, ha sido un tema que años anteriores han sido temas de discusión y de estudios. Citando la siguiente tesis, CRUZ SANCHEZ, Walter Denis. Análisis de un Programa Núcleo Eléctrico para el Perú, Alternativo a Programas Eléctricos de Largo Plazo. Tesis de titulación. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería. 1986. La cual enfoca una solución de Centrales nucleares de fisión, la cual observamos algunas ventajas y desventajas. Tenemos una contrastación de sus resultados de la investigación de la tesis citado anteriormente con los resultados de nuestra tesis la cual resumimos en el siguiente cuadro.

TABLA 24: CONTRASTACION DE LOS RESULTADOS CON LOS RESULTADOS DE ESTUDIOS SIMILARES

Energía de fisión como solución sustentable para el sistema eléctrico peruano	Energía de fusión como solución sustentable para el sistema eléctrico peruano
El desarrollo en gran escala de los recursos carboníferos demanda de grande gastos y afecta el medio ambiente.	La utilización de recursos como el gas natural y el combustible líquido como principal productor de energía eléctrica en el Perú.

<p>El estudio de la núcleo electricidad para incrementar la sustentabilidad del crecimiento económico del Perú.</p>	<p>El estudio de la energía de Fusión para sustentar la producción energética y asegurar la producción de productos carboníferos en diferentes sectores.</p>
<p>El crecimiento de la población será un factor determinante para buscar una solución alterna para poder satisfacer el aumento de la demanda energética.</p>	<p>El crecimiento del consumo base en el producto bruto interno, el cual es un factor determinante para cálculos estadísticos y contables, lo cual nos indica buscar una solución sustentable tanto energética como ambiental.</p>
<p>Estudios de planificación energéticos los cuales evidencian el estudio de este tipo de solución sustentable y se orientan a los antecedentes de diversos países, como Brasil y Argentina.</p>	<p>Países como Francia, Alemania y Rusia principales inversionistas en estudios de fusión para solucionar el problema energético que se vendrá en un futuro, lo cual evidencia la pronta fabricación de este tipo de tecnología.</p>
<p>El Perú como uno de los países enriquecidos de grandes reservas renovables, pero bajo en la producción energética de las mismas, y la preferencia del uso de recursos no renovables.</p>	<p>El uso sin planificación del gas y combustible líquido como principales productores energéticos evadiendo estudios de mejor solución como la energía de fusión, la energía del futuro.</p>
<p>Las fuentes renovables más usadas en el Perú, son las centrales hidroeléctricas las cuales</p>	<p>Las centrales termoeléctricas como las mayores aportadores de energía eléctrica en el Perú por encima de la base que es la</p>

<p>tienen una producción baja de energía.</p>	<p>energía de las centrales hidroeléctricas.</p>
<p>La implementación de centrales de fisión de pequeña y mediana potencia como un programa a largo plazo con el fin de trasladar el tipo de tecnología más usado en el Perú.</p>	<p>La implementación de centrales de fusión para reemplazar las centrales termoeléctricas en una proyección del 2018 y 2026.</p>
<p>El bajo costo de unidad de energía producida por centrales núcleo eléctricas comparado con los altos costos producidos por centrales convencionales.</p>	<p>La mínima cantidad de material de fusión para igualar y reemplazar la producción energética que serán necesarias producir con centrales termoeléctricas.</p>
<p>La economía del país está sujeto al precio del petróleo y a la disminución de las reservas, lo cual nos indica que debemos visualizar una solución y aprovechar recursos como el uranio.</p>	<p>Sustentar la estabilidad de diferentes sectores que son consumidores de gas natural y combustible líquido, reemplazando la producción energética de los mismos por material de fusión que son el deuterio y el tritio, abundantes en planeta.</p>

CAPITULO 7

CONCLUSIONES

- Ante el primer objetivo planteado en el presente estudio se concluyó satisfactoriamente gracias a las comparaciones y proyecciones realizadas que utilizar la energía de Fusión como alternativa sustentable para la generación de energía eléctrica es totalmente viable debido a que su producción de energía puede suplir sin ningún problema la demanda eléctrica proyectada entre el periodo 2018-2026

- Ante el segundo objetivo se concluyó que un reactor de fusión puede producir la misma cantidad o aun mayor cantidad de energía que una central termoeléctrica lo cual corrobora satisfactoriamente el propósito de este estudio teórico debido que para el año 2026 los reactores de Fusión pueden abarcar en su totalidad la producción de energía de las centrales termoeléctricas, liberando totalmente la matriz energética de su férrea dependencia hacia los combustibles fósiles, se realizó la comparación con las energías no renovables pues el objetivo es poder convertir nuestra matriz en una que pueda llamarse sustentable y limpia, es decir la energía de Fusión se uniría a las actuales energías llamadas renovables y limpias existentes pero como la más predominante entre ella, debido a que es la que mayor energía puede producir sin necesidad de depender de factores climatológicos

- Ante el tercer y último objetivo que tiene este estudio se concluyó que el impacto ambiental producido por la energía de Fusión es mínimo como principal ventaja es que este tipo de tecnología no emite gases de efecto invernadero al momento de producir la fuente energía utilizada para generar energía eléctrica ante cualquier demanda del sistema que se presente, por eso que se denomina energía limpia, además se realizó la comparación entre el material utilizado por las centrales

termoeléctricas para la producción de energía con el material utilizado para la generación de energía por Fusión y la diferencia es realmente increíble, los millones de centímetros cúbicos de combustibles fósiles entre gas y petróleo, que son los más predominantes actualmente, que se dejarían de usar al implementar la energía por Fusión, ayudarían a aplacar los cambios climáticos que sufrimos actualmente debido a que se reducirían a una escala increíble la emisión de gases de efecto invernadero

CAPITULO 8

RECOMENDACIONES

- Debido a que la fusión nuclear genera gran cantidad de energía sin producir algún residuo contaminante, y a su vez, la gran abundancia de su material que existe en nuestro planeta, hay q enfocarnos en el estudio de la misma. En la actualidad existe un programa que incluye 10 países como principales inversionistas para poder producir este tipo de tecnología, el confinamiento del plasma que es a su vez, el principal problema de que no se genere este tipo de energía, debería ser más estudiado, alternativas más viables para poder hacer la fusión realidad. Se dice que en 20 años podemos tener energía de fusión con facilidad, pero como observamos, los países tercer mundistas, necesitamos soluciones a cortos plazos para poder suplir centrales convencionales los cuales consumen gran cantidad de nuestros recursos y a su vez nos vuelven independientes a los mismos. La gran cantidad de impacto ambiental q producen este tipo de centrales. Con esta tesis tenemos como realidad la gran cantidad de necesidad de suplir las centrales termoeléctricas en el Perú, y a su mal manejo del consumo de recursos como el petróleo y el gas natural.

CAPITULO 9

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **[1]** El desarrollo de la energía nucleoelectrica: historia y porvenir, autor N.L. Char y B.J. Csik, OIEA BOLETÍN, 3/1987.
- **[2]** Estudio “Futuro de la Energía en Perú”, Autor Dr. Alberto Rios Villacorta, Primera edición Junio 2016
- **[3]** Historia y Uso de Energía Renovables, Oviedo-Salazar, J.L., M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato, UANL, San Nicolás de los Garza, N.L., México.
- **[4]** Estudio de la viabilidad de la Fusión Nuclear como Futura Fuente de Energía, Autor D. Santiago Salguero Pereda.
- **[5]** Análisis Neutrónico de un Sistema Hibrido Fusión - Fisión, Autor Juan José Dorantes Cortes, UNAM, Año 2011.
- **[6]** Redacción Gestión (22/04/2014), ¿Qué es y cómo se calcula el PBI?, Diario Gestión.
- **[7]** Supervisión de contratos de proyectos de Generación y Transmisión de Energía Eléctrica en Operación, División de Supervisión de Electricidad – Unidad de Supervisión de Inversión en Electricidad – OSINERGMIN, Enero 2018.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
TITULO: "ANALISIS TEORICO DE ENERGIA DE FUSION, ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA DEMANDA ELECTRICA 2018 A 2026 - PERU"				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE	METODOLOGIA
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPOTESIS PRINCIPAL	VARIABLES DEPENDIENTES	TIPO DE INVESTIGACION
¿Es factible satisfacer la demanda de energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú mediante un análisis teórico empleando energía nuclear de fusión?	Satisfacer la demanda de energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú mediante un análisis teórico empleando energía nuclear de fusión.	Si realizo un análisis teórico de energía nuclear de fusión entonces comprobaremos la factibilidad en satisfacer la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú.	Energía nuclear por fusión como fuente sustentable • Indicadores Análisis teórico de la energía del reactor Impacto ambiental	Exploratorio
				DISEÑO DE LA EXPLORACION
				No experimental longitudinal
				POBLACION Y MUESTRA
				Panorama de la energía nuclear como fuente de generacion electrica en el Perú
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLES INDEPENDIENTES	
¿La energía del reactor por fusión a través de un análisis teórico podrá satisfacer la demanda energética proyectada 2018 a 2026 en el Perú?	Realizar un análisis teórico de energía del reactor por fusión y establecer el nivel de satisfacción para la energía eléctrica proyectada 2018 al 2026 en el Perú.	La cantidad de energía generada por el reactor por fusión podrá satisfacer con la proyección de la demanda de la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú	La demanda energética en el Perú. • Indicadores Satisfacción para la energía eléctrica proyectada 2018 a 2026 en el Perú.	Evolucion del consumo de combustible fosiles en el Perú
				Costos fijos y variables de instalacion y produccion de energia dependiendo la tecnologia de central
¿Cuál es el impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión en el proceso de satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú?	Verificar el impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión durante el proceso en el cual deba satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú.	Existirá impacto ambiental al emplear energía nuclear por fusión durante el proceso para satisfacer la demanda de energía eléctrica en el Perú.		

TEXTOS DE APOYO

- Gas natural y petróleo en Perú: evolución y proyecciones, Arum consultoría y mercado, Publicado en Mercados & Regiones número 25, Julio de 2018.
- Publicación de la Agencia Internacional de Energía Atómica, “Key world energy statistics 2010”.
- Apuntes de la materia “Fusión nuclear controlada”, Facultad de Ciencias, UNAM, Prof. Julio Herrera-Velázquez, 2009.
- J. Julio Herrera Velázquez, “La fusión nuclear como una opción energética para el siglo XXI”, Sociedad Mexicana de Física, Vol. 21, Número 2, pp. 83-93, 2007.
- Página de la World Nuclear Association:
www.worldnuclear.org/info/default.aspx?id=538&terms=nuclear%20fusion, 2011.
- Miguel Moro Vallina, “Fundamentos de Ingeniería Nuclear”, apuntes del equipo docente de la asignatura homónima del plan de estudios de la UNED, Madrid 2005.
- Página del Laboratorio Asociado de Plasma de Brazil (LAP):
www.plasma.inpe.br/LAP_Portal/LAP_Site/Text/Spherical_Torus.htm, 2011.
- Página del Laboratorio Nacional Los Alamos:
<http://plasmauniverse.info/ubiquitous.html#what>, 2011.
- Página de la Universidad de Texas:
http://hagar.ph.utexas.edu/ifs/ifsreports/565_berk.pdf, 2011, pp. 98.
- Página de la Univesidad de Tsukuba:
www.prc.tsukuba.ac.jp/en/?page_id=806, 2011.
- Página del JET: www.jet.efda.org/jet/jets-main-features/, 2011